

10/524226

REC'D 06 OCT 2003

WIPO

PCT



**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 36 597.0

**Anmeldetag:** 9. August 2002

**Anmelder/Inhaber:** Leonhard Kurz GmbH & Co KG, Fürth, Bay/DE

**Bezeichnung:** Laserunterstütztes Replizierverfahren

**IPC:** B 41 M, B 44 F, B 41 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

  
Lef:19



Leonhard Kurz GmbH & Co. KG, Schwabacher Straße 482, 90763 Fürth

#### Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat. Derart markierte Substrate werden auf Dokumente wie z.B. Kreditkarten, Personalausweisen oder Geldscheinen als Sicherheitsmerkmale zum Schutz gegen Fälschung aufgebracht. Ausführungen dieser Sicherheitsmerkmale weisen diffraktive oder holographische Strukturen auf. Die Erzeugung der Markierungen wird bisher durch Abformung von einer Matrize durchgeführt. Eine Änderung der Markierung ist durch zeitaufwendiges Wechseln der Matrize möglich. Die neue Vorrichtung und das neue Verfahren sollen die Herstellung von individualisierten Markierungen auf einem Substrat mit geringem apparativen Aufwand erlauben.

Eine Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung (45) auf einem Substrat (43), vorzugsweise einer Folie, weist eine Repliziervorrichtung (41) und eine Laseranlage (30) auf, die mit der Repliziervorrichtung (41) zusammenwirkt, indem Strahlung der Laseranlage (30) zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf mindestens einen Bestrahlungsbereich (44) der Repliziervorrichtung (41) gerichtet ist. Weiterhin weist die Vorrichtung eine Gegendruckvorrichtung (42) auf, wobei ein Substrat (43) zwischen Repliziervorrichtung (41) und Gegendruckvorrichtung (42) angeordnet ist, um in einem Kontaktbereich zwischen der Repliziervorrichtung (41) und dem Substrat (43) den Abformbereich auf das Substrat (43) abzuformen und wobei die Zuführung der Strahlung zur Ausbildung der Abformbereiche außerhalb des Substrats (43) verläuft.

(Figur 1a)

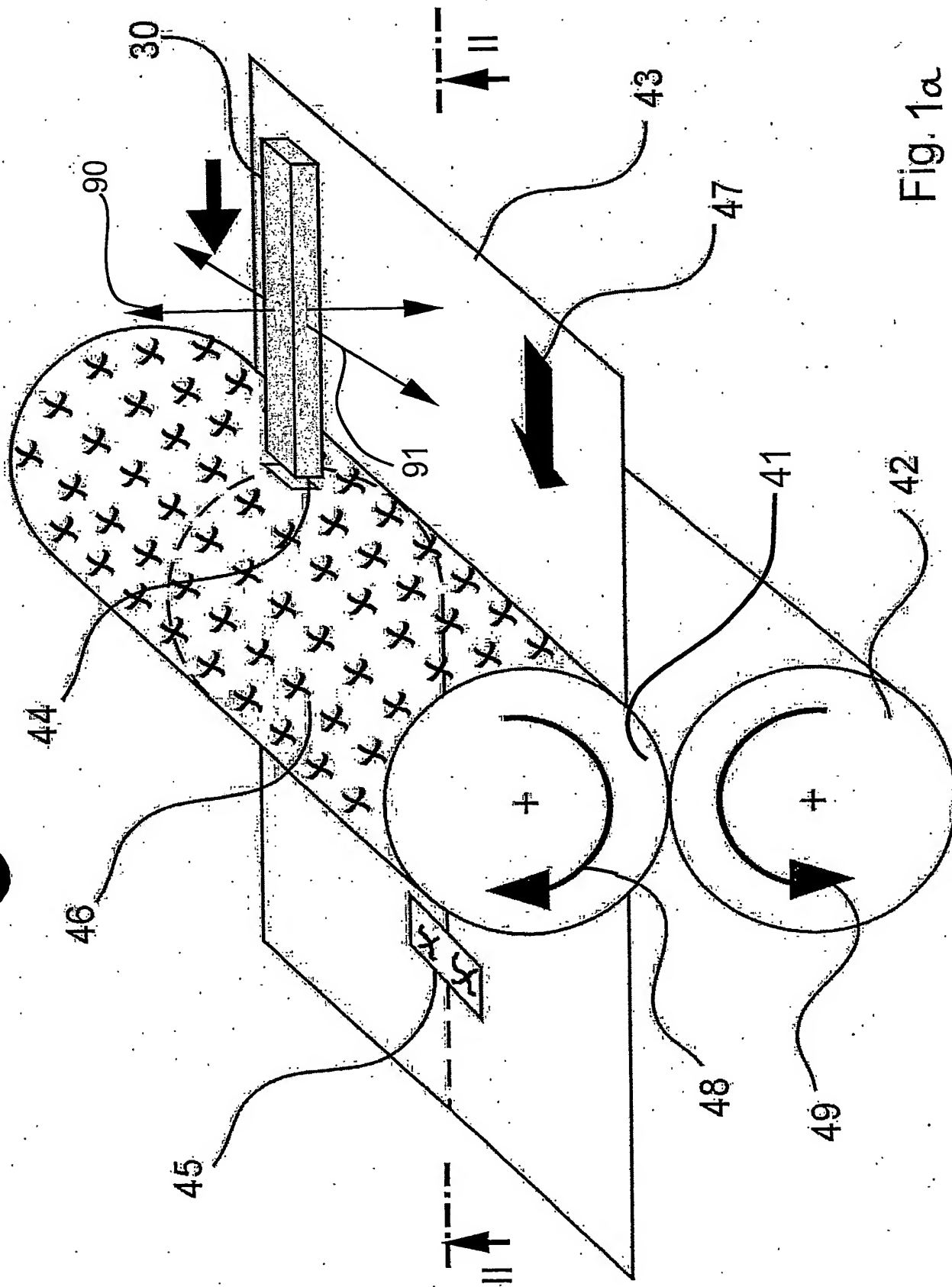


Fig. 1a

Leonhard Kurz GmbH & Co. KG, Schwabacher Straße 482, 90763 Fürth

### Laserunterstütztes Replizierverfahren

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat, vorzugsweise einer Folie, insbesondere Transferfolie, mit einer Repliziervorrichtung, die eine Replizieroberfläche aufweist, und mit einer eine Strahlung erzeugenden Einrichtung, vorzugsweise einer Laseranlage, die mit der Repliziervorrichtung zusammenwirkt, indem die Strahlung zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf mindestens einen Bestrahlungsbereich der Repliziervorrichtung gerichtet ist, und mit einer Gegendruckvorrichtung, wobei ein Substrat zwischen Repliziervorrichtung und Gegendruckvorrichtung angeordnet ist, um in einem Kontaktbereich zwischen der Repliziervorrichtung und dem Substrat den Abformbereich auf das Substrat abzuformen, und ein Verfahren zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat, vorzugsweise einer Folie, insbesondere Transferfolie, wobei Energie in Form von Strahlung, vorzugsweise Laserstrahlung, von einer eine Strahlung erzeugenden Einrichtung zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf einer Replizieroberfläche einer Repliziervorrichtung verwendet wird und wobei der Abformbereich der Replizieroberfläche auf das Substrat abgeformt wird, indem die Repliziervorrichtung das Substrat unter Druck kontaktiert.

Der Schutz von Dokumenten durch Sicherheitsmerkmale ist bei zum Beispiel Kreditkarten, Personalausweisen oder Geldscheinen mittlerweile Standard geworden. Die Fälschungssicherheit dieser Merkmale beruht darauf, dass für deren Fertigung ein hohes Spezialwissen und eine umfangreiche apparative Ausstattung notwendig ist. Ein besonders erfolgreiches und schwer nachzuahmendes Sicherheitsmerkmal ist ein OVD (optical variable device). Ausführungen dieses Sicherheitsmerkmals weisen diffraktive oder holographische Strukturen auf, die bei Änderung des Lichteinfalls- oder Betrachtungswinkels während der visuellen Überprüfung der Echtheit des Sicherheitskennzeichens zu einem optischen Effekt, wie zum Beispiel einem Farbwechsel, einem Motivwechsel oder zu einer Kombination von beidem führen. Das Sicherheitsmerkmal kann somit ohne weitere technische Hilfsmittel auf seine Echtheit überprüft werden. Wesentlicher Bestandteil dieser Sicherheitselemente ist eine meist thermoplastische oder UV - aushärtbare Schicht, in die die diffraktive oder holographische Struktur in Form eines Oberflächenreliefs eingeprägt wird. Diese Schicht kann Teil einer Transferfolie sein, wobei das Sicherheitselement zuerst gefertigt wird und danach auf das zu sichernde Dokument übertragen wird. Diese Schicht kann auch als eine zusätzliche Schicht direkt auf dem zu sichernden Gegenstand ausgebildet sein. Zur Übertragung des Oberflächenreliefs von einer Matrize auf die thermoplastische Schicht werden rotierende Prägezyylinder, wie sie zum Beispiel in der EP 0419773 beschrieben sind, oder Prägestempel, wie sie zum Beispiel in der DE 2555214 offenbart sind, verwendet. Die Herstellung der Matrize ist aufgrund der feinen diffraktiven oder holographischen Strukturen technisch sehr anspruchsvoll und zudem kostenintensiv. Zur Herstellung der Matrizen werden zunächst Vorlagen, auch Master genannt, zum Beispiel durch interferierende Laserstrahlen und Ätzverfahren oder durch Elektronenstrahlschreiben gefertigt, die dann meist galvanisch abgeformt werden.

Für eine erhöhte Fälschungssicherheit ist es bei den bekannten Verfahren angestrebt, dass nicht auf jedem Dokument das gleiche Sicherheitsmerkmal aufgebracht wird, sondern dass die Sicherheitsmerkmale auf das jeweilige Dokument oder auf die Identität des Inhabers des Dokuments angepasst, also individualisiert werden. Bei den oben genannten Verfahren treten hierbei zwei Schwierigkeiten auf:

Zum einen müssten eine Vielzahl von individualisierten Mastern hergestellt werden, was sehr kostenintensiv ist, zum zweiten müssten in den Repliziervorrichtungen die Matrizen jeweils ausgetauscht werden, was zu sehr langen Rüstzeiten führen würde. Als Alternativen sind Verfahren und Vorrichtungen bekannt, die nur Teilbereiche einer Matrize abformen, um individualisierte Sicherheitskennzeichen zu erzeugen.

In der CH 594495 ist ein Verfahren zum Prägen eines Reliefmusters in einen thermoplastischen Informationsträger beschrieben, wobei selektiv nur Teilbereiche der Matrize in die thermoplastische Schicht abgeformt werden. Verfahrenstechnisch werden diese Abformbereiche dadurch selektiert, dass entweder diese Bereiche durch stromdurchflossene Heizbänder erwärmt oder dass durch eine Gegendruckeinrichtung, die höhenverstellbare Teilbereiche aufweist, nur die selektierten Abformbereiche auf das Substrat gedrückt werden. Eine hohe örtliche Auflösung bei der Selektion der Abformbereiche ist mit diesem Verfahren nicht zu erwarten, da durch die Wärmeleitung während der langen Aufheiz- und Abkühlphase der Heizbänder die Grenzen der Abformbereiche nur ungenau bestimmt werden können bzw. die Abmessungen der Abformbereiche durch die Abmessungen der Bänder oder die Abmessungen der höhenverstellbaren Teilbereiche festgelegt ist. Dieses Verfahren ist folglich dadurch begrenzt, dass es eine geringe örtliche Auflösung aufweist.

In der EP 0169326 sind eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat sowie das dazu entsprechende Verfahren beschrieben. Die Vorrichtung weist eine Repliziervorrichtung in Form einer ungeheizten Prägematrize, und eine Druckplatte, die als Gegendruckvorrichtung ausgebildet ist, auf. Die Prägematrize hat eine Replizieroberfläche, die mit abzuformenden Mikrostrukturen strukturiert ist. Die Vorrichtung weist eine Laseranordnung auf, die einen Laserstrahl erzeugt, der durch die Gegendruckeinrichtung auf das Substrat gerichtet wird. Bei dem bekannten Verfahren wird zunächst durch den Prägestempel das Substrat auf die Druckplatte gepresst. Durch die Absorption des direkt im Prägebereich auf das Substrat einfallenden Laserstrahls und durch die Absorption der an der Replizieroberfläche des

Prägestempels reflektierten Strahlung wird das Substrat selektiv örtlich erwärmt und auf eine Temperatur gebracht, in der es dauerhaft verformt werden kann. Durch Positionierung des Laserstrahls können so selektiv Abformbereiche ausgewählt und übertragen werden. Einschränkung bei diesem Verfahren und dieser Vorrichtung ist, dass der Laserstrahl durch das Substrat hindurch geführt wird. Dadurch ist dieses Verfahren auf die Bearbeitung von für die Laserstrahlung transparenten Substraten begrenzt und zusätzlich sehr empfindlich auf Schwankungen der Absorptionseigenschaften des Substrats, die z.B. durch chargenabhängige Materialschwankungen entstehen können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu schaffen, die die Herstellung von vorzugsweise individualisierten Markierungen auf einem Substrat, vorzugsweise einer Folie, mit geringem apparativem Aufwand erlauben.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt mit der Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 und dem Verfahren gemäß Patentanspruch 15.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zum Aufbringen oder Erzeugen einer Markierung auf einem Substrat. Die Markierung weist eine vorzugsweise diffraktiv oder holographisch wirkende Oberflächenstrukturierung oder eine vorzugsweise diffus oder gerichtet streuende Mattstruktur auf, die mittels Replizierverfahren in eine thermoplastische Schicht eines Substrats, insbesondere eines Körpers, eingebracht wird. Die Markierung kann als Figur, Ziffer, Zeichen, Flächenmuster, Flächenbild, Schriftzug, Nummerierung, Sicherheitskennzeichen oder in einer anderen beliebigen Form ausgebildet sein.

Die Vorrichtung weist eine Repliziervorrichtung auf, die walzenartig oder als Prägestempel ausgebildet sein kann. Die Repliziervorrichtung verfügt über eine Replizieroberfläche, die in einem Kontaktbereich beim Zusammenwirken von Repliziervorrichtung und Substrat mit dem Substrat in Kontakt tritt.

Auf der Replizieroberfläche können mittels Strahlung, die in Bestrahlungsbereiche der Repliziervorrichtung eingebracht wird, Abformbereiche ausgebildet werden, wobei in den Abformbereichen Oberflächenstrukturierungen der Replizieroberfläche in das Substrat abgeformt werden und die abgeformten Oberflächenstrukturierungen im Substrat vorzugsweise dauerhaft verbleibend eingebracht werden.

Die Strahlung wird vorzugsweise von einer Laseranlage erzeugt, es kann aber auch Strahlung verwendet werden, die nicht monochromatisch oder nicht kohärent ist.

Die Strahlung verläuft vorzugsweise vollständig außerhalb des Substrats und trifft auf die Repliziervorrichtung auf, in der sie teilweise oder vollständig absorbiert wird. Der Strahlungsverlauf vor dem Auftreffen auf der Repliziervorrichtung ist derart ausgebildet, dass das Substrat und der Strahlungsverlauf nicht überlappen. Vor dem Auftreffen auf der Repliziervorrichtung wird das Substrat von der Strahlung nicht transmittiert und insbesondere werden keine wesentlichen Anteile der Strahlung im Substrat absorbiert. In bevorzugten Ausführungsformen kann die Strahlung ausgehend von der Laseranlage parallel zum Substrat angeordnet und auf die Repliziervorrichtung gerichtet sein, so dass die Strahlung außerhalb des Substrats verläuft.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung können durch die Strahlung gezielt Teilbereiche einer Prägematrize beliebig für die Abformung ausgewählt und so die aus den Abformungen der Teilbereiche gebildeten Markierungen individualisiert ausgestaltet werden. Besonders vorteilhaft ist hierbei, dass durch diese Vorrichtung das Verfahren unabhängig von den Absorptionseigenschaften des jeweiligen Substrates durchgeführt werden kann, da die Absorption der Strahlung weitgehend in der Repliziervorrichtung und nicht im Substrat erfolgt. Weiterhin ist es von Vorteil, dass die individualisierte Kennzeichnung in Form der Auswahl der Bereiche während des selben Repliziervorgangs mit einem Sicherheitsmerkmal, nämlich den z. B. diffraktiven Bereichen selbst, übertragen werden.

Es liegt eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, wenn die Vorrichtung eine vorzugsweise separat von der Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildete



zusätzliche Energiequelle aufweist. Die zusätzliche Energiequelle, die als steuerbare Wärmequelle ausgebildet sein kann, temperiert die Repliziervorrichtung im Bereich der Replizieroberfläche, vorzugsweise homogen für einen relativ großen Abschnitt der Replizieroberfläche. Sie steht im thermischen Kontakt mit der Repliziervorrichtung oder kann Energie auf die Repliziervorrichtung berührungslos durch Strahlung übertragen. Weiterhin ist die zusätzliche Energiequelle bei vorteilhaften Ausführungen separat zu der Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildet. Die zusätzliche Energiequelle kann den Energieeintrag zeitlich und örtlich unabhängig von dem Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung in die Repliziervorrichtung einbringen. Bei bevorzugten Ausführungsformen wird der Energieeintrag der zusätzlichen Energiequelle zeitlich oder in Bewegungsrichtung der Replizieroberfläche örtlich vor dem Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung vorzugsweise permanent in die Repliziervorrichtung eingebracht. Der Energieeintrag in die Repliziervorrichtung durch die zusätzliche Energiequelle erfordert vorzugsweise keine oder nur eine geringe örtliche Auflösung, außerdem muss die örtliche Verteilung des Energieeintrags nicht schnell veränderbar sein. Die zusätzliche Energiequelle kann durch diese geringeren Anforderungen im Gegensatz zu der Strahlung erzeugenden Einrichtung konstruktiv einfacher und kostengünstiger ausgeführt sein.

Durch das Zusammenwirken des durch die zusätzliche Energiequelle erzeugten Temperaturfelds der Replizieroberfläche mit dem durch die Strahlung hervorgerufenen latenten Wärmebild können auf der Replizieroberfläche Zonen mit verschiedenen Temperaturen erzeugt werden. Es werden nur die Zonen der Replizieroberfläche dauerhaft verbleibend in das Substrat abgeformt, deren Temperaturen innerhalb des Prozessfensters des Abformvorgangs sind.

Die zusätzliche Energiequelle kann auf die gesamte Fläche oder auf Teilflächen der Replizieroberfläche wirken. Bei Ausführungsformen, bei denen die zusätzliche Energiequelle weitgehend oder vollflächig vorzugsweise homogen temperierend auf die Replizieroberfläche einwirkt, können die Abformbereiche maßgeblich durch die Strahlung, z. B. die Laserstrahlung, bestimmt werden. Bei anderen Ausführungen werden nur Teilbereiche der Replizieroberfläche insbesondere homogen temperiert,

wobei aufgrund dieser Prozessführung die Abformbereiche dann vorzugsweise auf die temperierten Bereiche beschränkt sind. Bei diesen Ausführungen wird eine erste Vorauswahl der Abformbereiche durch die Auswahl der Teilbereiche getroffen, auf die die zusätzliche Energiequelle wirkt.

Die zusätzliche Energiequelle kann mit der Repliziervorrichtung über einen direkten thermischen Kontakt, z.B. in Form von Heizdrähten oder -bändern oder induktiven Heizeinrichtungen, die vollständig oder teilweise in der Repliziervorrichtung integriert sind, dauerhaft oder temporär verbunden sein. Der Energieübertrag kann bei anderen Ausführungen durch kohärente oder inkohärente Strahlung, insbesondere Laserstrahlung, oder Konvektion erfolgen, wobei die zusätzliche Energiequelle beispielsweise als eine Heiz-Lasereinrichtung oder ein Wärmestrahler ausgebildet ist.

Es liegt eine vorteilhafte Ausbildung vor, wenn eine Steuerung, insbesondere eine frei programmierbare Steuerung, vorgesehen ist, die vorzugsweise durch Ansteuerung der Strahlung erzeugenden Einrichtung die Auswahl der Bestrahlungsbereiche steuert.

Bei dieser vorteilhaften Weiterbildung werden die Muster der Markierungen als vorzugsweise digitale Informationen, z.B. als Datei, bereitgestellt, die durch Bildverarbeitungsprogramme, durch computerunterstützte Verfahren oder ähnliches erzeugt wurden. Diese Informationen werden von der Steuerung insbesondere durch Ansteuerung der Laseranlage in eine zeitabhängige Änderung der Flächenleistungsdichte der auf die Repliziervorrichtung auftreffenden Strahlung umgesetzt. Die Änderung der Flächenleistungsdichte erfolgt vorzugsweise durch einen sequentiell schreibenden Laserstrahl oder auch durch eine Änderung des Strahlprofils mittels einer steuerbaren Abbildungsmaske. Durch die gesteuerte Auswahl der Bestrahlungsbereiche werden die Abformbereiche und damit das Muster der Markierung bestimmt.

Insbesondere wenn die Repliziervorrichtung als Replizierwalze verwirklicht ist, ist es möglich, ausgedehnte Markierungen mit Mustern zu erzeugen, wobei die Muster in Vorschubrichtung des Substrats länger als der Umfang der Replizierwalze ausgebildet sein können. Es sind auch Muster erzeugbar, deren Längserstreckung in Vorschubrichtung des Substrats ein Mehrfaches von deren Quererstreckung ist, z.B.

ein Banner im Querformat mit Schriftzug oder eine Tapete. Insbesondere kann das Muster ein Endlosdesign aufweisen, also eine Ausgestaltung, bei der sich Anteile des Musters nicht oder unabhängig vom Walzenumfang wiederholen.

Die Vorrichtung ist vorteilhaft weitergebildet, wenn eine Kühlvorrichtung zur Kühlung der Replizieroberfläche vorgesehen ist, durch die insbesondere ein eingebrachtes latentes Wärmebild gelöscht oder irgendwie modifiziert werden kann.

Die Kühlvorrichtung kann als Gebläse ausgebildet sein, wobei ein von dem Gebläse erzeugter Luftstrom auf die Replizieroberfläche gerichtet ist und diese kühlt. Eine ähnliche Funktion kann eine Gasstrom-Kühlung erfüllen, wobei bei dieser Ausführung ein Gasstrom, vorzugsweise ein Edelgas- oder Stickstoffgasstrom, auf die Replizieroberfläche auftrifft und diese ebenfalls kühlt.

In weiteren Ausbildungen kann die Kühlvorrichtung als Kühlwalze verwirklicht sein, die parallel versetzt zur Replizierwalze angeordnet ist und diese entlang einer linienförmigen Fläche kontaktiert. Durch den thermischen Kontakt zwischen Replizierwalze und Kühlwalze erfolgt eine Wärmeableitung und somit die Kühlung der Replizierwalze.

Die Kühlvorrichtung ist bei der Verwendung einer Replizierwalze vorzugsweise so angeordnet, dass sie auf die Replizieroberfläche in einem Bereich wirkt, der in Drehrichtung der Replizierwalze zwischen dem Kontaktbereich von Repliziervorrichtung und Substrat und dem Auftreffpunkt der Strahlung auf die Replizieroberfläche liegt.

Die Vorrichtung ist zweckmäßig weitergebildet, wenn die Replizieroberfläche mit einem Oberflächenrelief strukturiert ist. Dieses Oberflächenrelief ist das Negativ für die Strukturen, die im Abformvorgang auf das Substrat übertragen werden. Die Replizieroberfläche kann teilweise oder vollständig strukturiert sein. Die Tiefe des Oberflächenreliefs beträgt vorzugsweise zwischen nahezu 0 und 20  $\mu\text{m}$ , insbesondere zwischen 0,1 und 0,5  $\mu\text{m}$ . Das Oberflächenrelief kann, insbesondere zur Bildung einer diffraktiven oder holographischen Struktur auf dem Substrat, in Teilbereichen oder vollflächig gitterförmig ausgebildet sein. Der Gitterabstand, also die Spatialfrequenz, beträgt vorzugsweise zwischen 4000 Linien pro mm und 10 Linien pro mm,

n

insbesondere 1000 Linien pro mm. Die Replizieroberfläche kann auch in Teilbereiche unterteilt sein, deren Abmessungen vorzugsweise kleiner als 0,3 mm sind, und die sich voneinander durch die Spatialfrequenz, die Gitterorientierung, Gitterart oder andere Parameter unterscheiden.

Diese Teilbereiche können in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung periodisch wiederholend, insbesondere alternierend, angeordnet sein. Mögliche Ausführungsformen sind, dass jeweils eine Anordnung von verschiedenen Teilbereichen, also z.B. eine Anordnung von zwei bis sechs, vorzugsweise drei Teilbereichen, eine Bildpunkteinheit bildet. Eine Vielzahl von Bildpunkteinheiten können zur Bildung eines Flächenbilds angeordnet sein. Vorzugsweise repräsentieren die beispielhaft genannten drei Teilbereiche durch ihren Gitteraufbau die drei Grundfarben. Diese Bildpunkteinheit oder auch die Teilbereiche können auf der Replizieroberfläche regelmäßig oder periodisch wiederholend, z.B. gitterförmig oder alternierend, angeordnet sein.

Das Oberflächenrelief kann auch, insbesondere zur Erzeugung einer Mattstruktur auf dem Substrat, mit Oberflächenstrukturen versehen sein, die eine stochastische oder quasi-stochastische Verteilung aufweisen. Eine Mattstruktur auf einem Substrat ruft als besondere optische Wirkung eine diffuse Streuung von dem auf das Substrat einfallenden Licht hervor. Für die Erzeugung einer Mattstruktur weist das Oberflächenrelief Oberflächenstrukturen, z.B. Riefen, Rillen, Krater, Löcher, etc. auf, deren jeweilige Formen und/oder Ausrichtungen jeweils gleichartig oder beliebig ausgebildet und die auf der Replizieroberfläche gleichmäßig, stochastisch oder quasi-stochastisch verteilt sein können. Beispielsweise kann das Oberflächenrelief mit einer Struktur ähnlich zu einer gebürsteten Oberfläche ausgeführt sein.

Die Repliziervorrichtung weist in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eine Druckmatrize aus Metallfolie, insbesondere aus Nickel oder aus einer Nickelverbindung, auf. Durch den Einsatz von Metallfolien aus Nickel bzw. aus Nickelverbindungen wird das galvanische Abformen einer diffraktiven Struktur zur Erzeugung eines Masters erleichtert. Alternativ zu diesen Werkstoffen kann auch ein

Werkstoff eingesetzt werden, der für die Wellenlänge der verwendeten Laserstrahlung eine besonders hohe Absorption, insbesondere eine höhere Absorption als Nickel, aufweist. Hierdurch würde die benötigte Energie zur Erzeugung des latenten Wärmebildes auf der Repliziervorrichtung, vorzugsweise auf der Replizieroberfläche, deutlich verringert werden. Entsprechend könnten leistungsschwächere und damit kostengünstigere Laser in der Vorrichtung verwendet werden.

Die Laseranlage kann zweckmäßigerweise über ein Scannersystem und/oder ein Maskenprojektionssystem verfügen. Für den Einsatz eines Scannersystems wird der Laserstrahl derart geformt, dass der Durchmesser des Laserflecks beim Auftreffen auf der Repliziervorrichtung vorzugsweise in einem Bereich zwischen 0,05 mm und 2,0 mm liegt. Dieser Laserfleck kann durch das Scannersystem sequentiell schreibend über die Repliziervorrichtung geführt werden. Bei dem Scannersystem kann es sich hierbei um ein System mit Ablenkvorrichtungen, z.B. Ablenkspiegel, oder ein System mit fliegender Optik handeln. Die Position des Laserflecks auf der Repliziervorrichtung kann vom Anwender durch eine Steuerung, vorzugsweise eine Bahnsteuerung, verändert werden, so dass flexibel verschiedene geometrische Formen, Bilder, Buchstaben und Zahlen auf die Repliziervorrichtung mit dem Laserfleck geschrieben werden können. Die Repliziervorrichtung kann in anderen Ausführungsformen durch ein Maskenprojektionssystem flächig belichtet werden. Hierbei kann die Strahlformung derart ausgebildet sein, dass eine Maske, beispielsweise durch einen 4f-Aufbau, derart auf die Repliziervorrichtung abgebildet wird, dass die Form des Laserflecks der Form der Auslassungen in der Maske entspricht. Die Maske kann hierbei eine starre Maske sein oder aber eine Matrixanordnung aus Elementen, die gesteuert den Laserstrahl transmittieren oder extinktieren, bei denen es sich beispielsweise um bewegliche Spiegel oder Flüssigkristallelemente handeln kann.

Weiterhin kann die Vorrichtung derart ausgebildet sein, dass der Laserstrahl, der von der Laseranlage erzeugt wird, in weiteren Parametern wie der Leistung und/oder der Flächenleistungsdichte und/oder der Verteilung der Flächenleistungsdichte steuerbar oder regelbar ist. Durch die Leistung und die Einschaltdauer (Strahl-Ein-Zeit) des

Lasers wird der Gesamtenergieeintrag in der Repliziervorrichtung bestimmt. Die zeitabhängige Flächenleistungsdichte auf der Replizieroberfläche zusammen mit der Einschaltdauer des Lasers bestimmt den Energieeintrag pro Flächeneinheit in die Repliziervorrichtung.

In der Laseranlage können Halbleiter-, Festkörper- oder Gaslaser, insbesondere Nd:YAG-, Excimer oder Diodenlaser, eingesetzt werden. Diodenlaser als Vertreter der Halbleiterlaser weisen Vorteile auf, da sie in der Leistung schnell modulierbar und günstig in der Anschaffung sind. Die Laserstrahlung von einem Diodenlaserstapel kann über eine gemeinsame Optik auf die Repliziervorrichtung unter Ausbildung eines gemeinsamen Fokus gerichtet werden oder der Diodenlaserstapel wird flächig abgebildet, wobei durch Ein- und Ausschalten von einzelnen Dioden bzw. Bereichen der Diodenlaserstapel eine flächige Belichtung der Repliziervorrichtung mit steuerbarer Flächenleistungsdichte bzw. Verteilung der Flächenleistungsdichte durchführbar ist. In anderen Ausführungen wird der Laserstrahl über einen oder mehrere, insbesondere auch bildübertragende Lichtwellenleiter zugeführt.

Eine vorteilhafte Ausbildung in der Vorrichtung ist gegeben, wenn der Laserstrahl auf die Replizieroberfläche der Repliziervorrichtung gerichtet ist, wobei er auf die Replizieroberfläche trifft. Der Laserstrahl wird bei dieser Ausführung durch die Strahlführung und -formung auf die Replizieroberfläche der Repliziervorrichtung gerichtet, so dass er zumindest teilweise in der Repliziervorrichtung im Bereich der Replizieroberfläche absorbiert wird und einen Energieeintrag in die Replizieroberfläche einbringt. Bei Ausführungen der Repliziervorrichtung als rotierender Zylinder, ist der Ort der Laserbelichtung vorzugsweise auf dem Zylinder in Drehrichtung des Zylinders vor dem Replizierspalt, wobei der Replizierspalt der Kontaktbereich zwischen Repliziervorrichtung und Substrat ist. Der Abstand zwischen Auftreffpunkt auf dem Zylinder und Replizierspalt kann derart ausgebildet sein, dass das erzeugte latente Wärmebild aufgrund Wärmeleitung noch nicht unscharf wird und die Repliziervorrichtung noch nicht durch das Substrat verdeckt ist. Die Wechselwirkung des Laserstrahls mit der Repliziervorrichtung findet bei dieser Ausführung auf der Replizieroberfläche statt. Es ist bei dieser Ausführung vorteilhaft,

dass der Prozess der Temperaturfelderzeugung und somit die Selektion der Abformbereiche abhängig vom Material der Matrice und unabhängig von den Materialeigenschaften, insbesondere der Absorption oder Transparenz, des verwendeten Substrats ist.

Eine weitere, vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung liegt vor, wenn die Repliziervorrichtung eine zur Replizieroberfläche parallele und/oder konzentrische innenseitige Fläche aufweist und die Strahlung auf die innenseitige Fläche gerichtet ist, so dass der Laserstrahl auf die innenseitige Fläche trifft. Der Laserstrahl wird nicht oder nicht nur auf die Replizieroberfläche gerichtet, sondern kann auf eine Fläche auftreffen, die auf der Rückseite der Replizieroberfläche angeordnet ist. Diese zweite Fläche kann mit der Replizieroberfläche in einem thermisch leitenden Kontakt stehen, wobei insbesondere der Wärmeleitwiderstand so ausgebildet ist, dass er über die gesamte Fläche oder in Teilbereichen ähnlich oder gleich ist. Wird nun diese zweite Fläche durch die Laserstrahlung belichtet und erhitzt, so wird auch die Replizieroberfläche aufgrund von Wärmeleitung erwärmt. Für die Belichtung der zweiten Fläche kann apparativ vorgesehen sein, dass der Laserstrahl in Gegenrichtung zur Flächennormalen der zweiten Fläche ausgerichtet ist und auf diese innenseitige Fläche trifft. Der Ort der Belichtung kann bei einer Ausbildung der Repliziervorrichtung in Form eines rotierenden Zylinders in einem Bereich liegen, der in Drehrichtung vor dem Replizierspalt beginnt und in dem Replizierspalt endet, wobei als Replizierspalt der Kontaktbereich zwischen Substrat und Zylinder während des Abformvorgangs bezeichnet wird. Die Position der Laserbestrahlung kann auch abhängig von der Rotationsgeschwindigkeit, von der Laserleistung und von dem Wärmewiderstand zwischen zweiter Fläche und Replizieroberfläche sein.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Repliziervorrichtung liegt darin, dass zwischen der innenseitigen, zweiten Fläche und der Replizieroberfläche verschiedene Schichten angeordnet sind. Die äußerste Schicht wird meist, wie bereits erläutert, aus einer Metallfolie, insbesondere einer Folie aus Nickel oder einer Nickelverbindung, gebildet. Auf der der Replizieroberfläche abgewandten Seite dieser Schicht kann eine wärmeleitende Schicht und/oder eine Absorptionsschicht angeordnet sein, wobei die

Absorptionsschicht eine andere, insbesondere höhere, Absorption aufweist als die Metallfolie. Weiterhin kann eine transparente Schicht angeordnet sein, bei der es sich auch um einen für die Laserwellenlänge transparenten Körper, insbesondere eine Platte oder einen Zylindermantel, handeln kann.

Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 15 gelöst. Mit dem Verfahren wird eine Markierung auf einem Substrat, vorzugsweise einer Folie, insbesondere einer Transferfolie, erzeugt, wobei Energie in Form von Strahlung, vorzugsweise Laserstrahlung, von einer Strahlung erzeugenden Einrichtung zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf einer Replizieroberfläche einer Repliziervorrichtung verwendet wird und wobei der Abformbereich der Replizieroberfläche auf das Substrat abgeformt wird, indem die Repliziervorrichtung das Substrat unter Druck kontaktiert, und wobei die Strahlung zur Ausbildung der Abformbereiche vollständig außerhalb des Substrats zugeführt wird.

Die Repliziervorrichtung wird mit Strahlung belichtet, wobei die Strahlung direkt auf die Replizieroberfläche der Matrize einwirken kann und die Matrize erwärmt oder von anderen Bereichen der Repliziervorrichtung absorbiert werden kann und die Matrize, insbesondere die Replizieroberfläche der Matrize, durch Wärmeleitung erwärmt.

Durch Bestrahlung von ausgewählten Bereichen der Repliziervorrichtung können auf der Replizieroberfläche der Matrize Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen erzeugt werden. Insbesondere werden Bereiche mit einer Temperatur erzeugt, die der Arbeitstemperatur des Abformvorgangs entspricht und die als Abformbereiche bezeichnet werden.

Die Strahlung wird dabei so geführt, dass sie vor dem Auftreffen auf die Repliziervorrichtung nicht in das Substrat eindringt.



Bei dem Zusammenwirken von Substrat und Repliziervorrichtung unter Druck können die erzeugten Abformbereiche der Matrize in ein Substrat dauerhaft verbleibend abgeformt werden.

Die individualisierte Markierung besteht vorzugsweise aus den Abformungen der Teilbereiche der Replizieroberfläche, die durch die vorgehend beschriebene Temperaturführung für eine Abformung selektiert wurden. Die Individualisierung der Markierung, d.h. die Änderung der Auswahl der abgeformten Bereiche, kann somit durch eine Änderung der Temperaturverteilung auf der Replizieroberfläche erfolgen. Eine derartige Änderung kann über die Steuerung der die Strahlung erzeugenden Einrichtung, z. B. der Laseranlage, bzw. der entsprechenden Strahlführung und -formungseinrichtungen durchgeführt werden.

Bei bevorzugten Weiterbildungen des Verfahrens wird die Repliziervorrichtung zumindest in Teilbereichen der Replizieroberfläche unter Verwendung einer zusätzlichen Energiequelle temperiert. Diese ist vorzugsweise separat zur Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildet.

Bei dieser Ausbildung des Verfahrens kann in einem Verfahrensschritt die Repliziervorrichtung mit der zusätzlichen Energiequelle erwärmt werden, so dass Bereiche oder zumindest Teilbereiche der strukturierten Replizieroberfläche der Matrize eine erste Temperatur aufweisen. Der Energieeintrag ist dabei insbesondere so bemessen, dass die erwärmten Bereiche oder Teilbereiche der Replizieroberfläche, die keinen zusätzlichen Energieeintrag durch die Strahlung erhalten, während des Abformvorganges die erste Temperatur aufweisen.

In einem weiteren Verfahrensschritt wird die Repliziervorrichtung mit Strahlung belichtet.

Durch das Zusammenwirken der Erwärmung der Repliziervorrichtung durch die zusätzliche Energiequelle und die selektive Erwärmung durch die Strahlung entstehen auf der Replizieroberfläche der Matrize Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen;

insbesondere mindestens zwei unterschiedlich temperierte Bereiche. Ein Teil der Bereiche weist vorzugsweise die erste Temperatur auf, ein anderer Teil der Bereiche weist vorzugsweise eine zweite Temperatur auf, die durch den zusätzlichen Energieeintrag durch die Strahlung erreicht wird. Die Bereiche mit der zweiten Temperatur kann man aufgrund ihrer Entstehung als Wärmekombinationsbereiche bezeichnen.

Der Prozess kann so geführt werden, dass entweder die erste Temperatur oder die zweite Temperatur der Arbeitstemperatur des Abformvorgangs entspricht, so dass in einem weiteren Verfahrensschritt entweder die Teilbereiche mit der ersten Temperatur oder die Teilbereiche mit der zweiten Temperatur auf das Substrat dauerhaft verbleibend abgeformt werden können.

Es kann ein zeitlicher Abstand zwischen dem Energieeintrag durch die zusätzliche Energiequelle oder die Strahlung erzeugende Einrichtung und dem Abformvorgang aufgrund der Dauer für die Bewegung des Teilbereichs von der Position des Energieeintrags zu der Position des Abformvorgangs entstehen.

Wenn zwischen der Erwärmung eines Teilbereichs der Replizieroberfläche und dem Abformen dieses Teilbereichs ein zeitlicher Abstand liegt, dann kann sich die zunächst erzeugte Wärmefeldverteilung auf der Replizieroberfläche durch Wärmeleitungseffekte verändern. Insbesondere können sich die eingestellten Temperaturen in den temperierten Bereichen verringern, da Wärme z. B. in die Repliziervorrichtung abfließen kann. Für einen möglichen Ausgleich dieses Effekts können Bereiche oder Teilbereiche der Replizieroberfläche zunächst auf eine höhere Temperatur als insbesondere die erste bzw. zweite Temperatur eingestellt werden, damit diese Bereiche oder Teilbereiche nach den Wärmeverlusten durch Wärmeleitung während des späteren Abformvorgangs dann die erste bzw. zweite Temperatur aufweisen.

Es ist vorteilhaft, wenn dieser zeitliche Abstand möglichst gering ist oder wenn dieser zeitliche Abstand für alle Teilbereiche der Replizieroberfläche zumindest gleich ist, da bei allen Teilbereichen dann die Wärmeleitungseffekte ähnlich ausgeprägt sind.

Das Verfahren kann auch kontinuierlich betrieben werden, wobei Verfahrensschritte gleichzeitig ausgeführt werden.

Das Verfahren kann so geführt werden, dass die erste Temperatur in einem Plastiktemperaturbereich für das jeweilige Substrat und die zweite Temperatur in einem Fließtemperaturbereich liegt.

Wird die Repliziervorrichtung mit dem Substrat unter Druck und während in einem Teilbereich eine Temperatur vorliegt, die sich im Plastiktemperaturbereich befindet, kontaktiert, wird die strukturierte Replizieroberfläche in diesem Teilbereich dauerhaft verbleibend plastisch abgeformt.

Wenn sich die Temperatur innerhalb eines Fließtemperaturbereichs befindet, der oberhalb des Plastiktemperaturbereichs liegt, wird nach Trennung der Matrize von dem Substrat das verformte Material des Substrats anfangen zu fließen. Dadurch werden die abgeformten Oberflächenstrukturierungen des Substratmaterials geglättet, so dass diese nicht als optisch aktive Strukturen auf dem Substrat erhalten bleiben.

Bei dieser Ausführung des Verfahrens können also die Teilbereiche auf das Substrat übertragen werden, die auf Plastiktemperatur temperiert worden sind und die keinen zusätzlichen Wärmeeintrag durch die Strahlung erhalten haben. Durch die Strahlung kann eine Negativ-Selektion von Teilbereichen durchgeführt werden.

Nach einer anderen Ausführung des Verfahrens wird die erste Temperatur in einem Elastiktemperaturbereich eingestellt und die zweite Temperatur in einem Plastiktemperaturbereich, wobei der Elastiktemperaturbereich unterhalb des Plastiktemperaturbereichs liegt.

Wird ein Abformvorgang durchgeführt, werden die Teilbereiche, deren Temperatur sich im Elastiktemperaturbereich befinden, nur eine elastische Verformung des Substrats bewirken. Nach Trennung der Matrize von dem Substrat federn die eingebrachten Oberflächenstrukturen elastisch zurück und das Substrat nimmt in etwa seine ursprüngliche Oberflächenform wieder an.

Bei dieser Ausführung des Verfahrens werden also selektiv die Wärmekombinationsbereiche übertragen. Der zusätzliche Wärmeeintrag durch die Strahlung stellt also eine Positiv-Selektion von Teilbereichen dar.

Das Substrat kann aus mehreren Schichten aufgebaut sein. Bei den angegebenen Temperaturen oder den angegebenen Temperaturbereichen des Substrats handelt es sich insbesondere um Temperaturen oder Temperaturbereiche einer thermoplastischen Schicht, die Bestandteil des Substrats ist. Weitere Schichten des Substrats, z.B. die Trägerschicht des Substrats, können eine andere Temperatur aufweisen. Allgemein handelt es sich bei der Temperatur oder dem Temperaturbereich des Substrats vorzugsweise um die Temperatur oder den Temperaturbereich der thermoplastischen Schicht

Das Verfahren kann vorteilhaft weitergebildet werden, indem die Replizieroberfläche vor der Wechselwirkung mit der Strahlung vollständig oder nur in Teilbereichen homogen erwärmt wird. Durch die Erwärmung von Teilflächen kann bereits im Vorfeld eine grobe Selektion der zu übertragenden Teilbereiche erfolgen, da möglicherweise Teilbereiche ohne diese Erwärmung nicht die für den Abformvorgang notwendige Arbeitstemperatur erreichen.

In einer weiteren vorteilhaften Abwandlung wird die Replizieroberfläche nach dem Abformvorgang und vor einem folgenden Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung vollständig oder in Teilbereichen gekühlt. Die Kühlung kann durch Wärmeableitung über einen thermischen Kontakt und/oder Luft- oder Gaskühlung erfolgen. Durch die Kühlung wird, insbesondere im Dauerbetrieb der Vorrichtung, das Temperaturfeld der Replizieroberfläche kontrolliert auf Temperaturen erniedrigt, die vorzugsweise unterhalb der notwendigen Temperatur für einen Abformvorgang liegen. Zudem beugt die Kühlung einer Überhitzung der Replizier Vorrichtung vor.

In weiteren Ausführungsformen wird die Strahlung entweder direkt auf die Replizieroberfläche gerichtet oder die Strahlung wird auf einer der Replizieroberfläche abgewandten Oberfläche eingebracht. Bei einer Belichtung der Replizieroberfläche kann, insbesondere wenn die Replizier Vorrichtung als walzenartiger Prägezyylinder ausgeführt ist, der Einfallswinkel der Laserstrahlung variiert werden. Änderungen des

Einfallswinkels der Laserstrahlung auf die Replizieroberfläche können zu deutlichen Änderungen der Absorption der Laserstrahlung führen. Damit kann der Einfallswinkel als ein zusätzlicher zu variierender Prozessparameter in der Prozessführung verwendet werden.

Vorteilhaft bei der Einbringung der Strahlung auf eine der Replizieroberfläche abgewandten Oberfläche ist, dass die Bestrahlung erfolgen kann, kurz bevor die Matrize mit dem Substrat in Kontakt tritt oder während die Matrize bereits in Kontakt mit dem Substrat ist. Die abgewandte Oberfläche der Replizieroberfläche kann so ausgebildet sein, dass sie für die Strahlung zugänglich ist, wenn die Matrize bereits in Kontakt mit dem Substrat steht. Der zeitliche Abstand zwischen Bestrahlung und Abformvorgang kann dadurch frei eingestellt werden.

Bei vorteilhafter Weiterbildung des Verfahrens wird als Repliziervorrichtung eine Replizierwalze eingesetzt, wobei die Einbringung der Strahlung in die Replizierwalze an einer ersten Winkelposition der Replizierwalze und der Kontakt der Replizierwalze mit dem Substrat an einer zweiten Winkelposition erfolgt. Optional erfolgen eine Kühlung der Replizierwalze an einer dritten Winkelposition und eine Temperierung der Replizierwalze an einer vierten Winkelposition. Das Verfahren ist vorteilhaft ausgebildet, wenn der Zwischenwinkel zwischen erster und zweiter Winkelposition in Drehrichtung der Replizierwalze so gering ist, dass das durch die Strahlung in der ersten Winkelposition eingebrachte latente Wärmebild nach Drehung der Replizierwalze in der zweiten Winkelposition noch scharfe Konturen aufweist. Dies ist beispielsweise gegeben, wenn die durch Wärmeleitung entstandene Unschärfe des latenten Wärmebilds kleiner als die reziproke, angestrebte Auflösung des Replizierverfahrens ist. Als Maß für die Unschärfe kann die Definition des Unschärfekreises aus der geometrischen Optik herangezogen werden. Der Winkel zwischen zweiter und erster Winkelposition in Drehrichtung ist bevorzugt möglichst groß, insbesondere größer als  $180^\circ$ , einzustellen, um eine Homogenisierung des Temperaturprofils auf der Replizieroberfläche zu erreichen.

Die Winkel zwischen zweiter und dritter Winkelposition und/oder zwischen dritter und vierter Winkelposition sind jeweils in Drehrichtung vorzugsweise möglichst

gering, insbesondere kleiner  $90^\circ$ , einzustellen, um ebenfalls die Homogenisierung des Temperaturprofils auf der Replizieroberfläche zu unterstützen.

In bevorzugten Ausführungsformen wird die Strahlung entweder flächig und/oder punktförmig sequentiell schreibend auf die Repliziervorrichtung übertragen. Insbesondere bieten sich Vorteile, wenn das schreibende Verfahren zusammen mit einem rotierenden Prägezyylinder eingesetzt wird und die Replizieroberfläche belichtet wird. Bei dieser Ausführung liegt vorrichtungsbedingt ein zeitlicher Abstand zwischen Erwärmung eines Teilbereichs der Replizieroberfläche und dem Abformen dieses Teilbereichs vor, da die Replizieroberfläche während des Abformvorgangs durch das Substrat verdeckt ist und nicht belichtet werden kann. Wenn durch die Strahlung die Information zeilenweise schreibend auf die Matrize übertragen wird und diese Zeile parallel zum Replizierspalt angeordnet ist, ist zumindest sichergestellt, dass der zeitliche Abstand zwischen dem Verfahrensschritt Belichtung und dem Verfahrensschritt Abformen für jeden belichteten Punkt auf der Matrize annähernd gleich ist.

Entsprechende Vorteile bieten sich bei der Kombination einer flächigen Belichtung und der Verwendung eines Prägestempels. Hierbei wird ein gleicher Zeitabstand zwischen der Erwärmung und Abformung der Teilbereiche dadurch erzielt, dass zunächst alle Teilbereiche gleichzeitig belichtet werden und dann alle Teilbereiche gleichzeitig abgeformt werden. Es sind aber auch die Kombinationen schreibendes Verfahren und Prägestempel bzw. flächige Belichtung und Prägezyylinder möglich, wenn sich daraus andere Vorteile ergeben, beispielsweise Vorteile im Belichtungsprozess.

Durch diese Vorrichtung und Verfahren ist es folglich möglich, von einer einzigen Matrize verschiedene, z.B. auch dokumentspezifische oder personenspezifische, Markierungen auf ein Substrat abzuformen, wobei Teilbereiche dieser Matrize selektiv für den Abformvorgang aktiviert bzw. deaktiviert werden können.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens sowie von Ausführungsbeispielen von Vorrichtungen zur Erzeugung einer Markierung. Dabei zeigen:

Figur 1a, b, c Ausführungsbeispiele einer Vorrichtung zum Aufbringen einer Markierung auf einem Substrat,

Figur 2a eine Detailschnittansicht in einer Schnittebene senkrecht zum Substrat durch die Linie II-II des Ausführungsbeispiels in Figur 1a mit einer ersten Ausführung des Verfahrens,

Figur 2b eine schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen der Wärmeverteilung auf der Repliziervorrichtung und dem abgeformten Bereich auf dem Substrat gemäß des in der Figur 2a gezeigten Verfahrens,

Figur 3a eine Detailschnittansicht in einer Schnittebene senkrecht zum Substrat durch die Linie II-II des Ausführungsbeispiels in Figur 1a mit einer zweiten Ausführung des Verfahrens,

Figur 3b eine schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen der Wärmeverteilung auf einer Repliziervorrichtung und den abgeformten Bereichen auf einem Substrat gemäß des in der Figur 3a gezeigten Verfahrens,

Figur 4 eine schematische Darstellung der Wärmeverteilung in einem Ausschnitt einer Repliziervorrichtung im Querschnitt bei Belichtung mit einem Laserstrahl,

Figur 5a,b eine schematische Darstellung des Prinzips zur Erzeugung eines Negativ- bzw. Positivbilds,

Figur 6 ein Ausschnitt der Oberfläche der Repliziervorrichtung in Fig. 1a in Draufsicht und eine Markierung, die durch die Repliziervorrichtung erzeugt wurde,

Figur 7 eine Detailschnittansicht in einer Schnittebene senkrecht zum Substrat durch die Linie II-II der Vorrichtung in Figur 1a eines abgewandelten Ausführungsbeispiels.

Die Figur 1a zeigt in einer schematischen Darstellung den Aufbau eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat 43. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Substrat 43 als Folie ausgebildet. Bei der Folie kann es sich um eine Transferfolie handeln. Die Vorrichtung weist eine Replizierwalze 41 und eine als Walze ausgebildete Gegendruckvorrichtung 42 auf, zwischen denen das Substrat 43 geführt wird. Die Replizierwalze wird mit einem Laserstrahl 30 von außen belichtet.

Das Substrat 43 weist eine Dicke von weniger als 1 mm auf und kann als mehrschichtiger Verbund ausgebildet sein. Mindestens eine Schicht besteht aus einem thermoplastischen Material. Weitere Schichten können als Metallisierungsschichten, Interferenzschichten, Schutzschichten, Trägermaterialschichten oder Kleberschichten ausgebildet sein.

Die vorzugsweise metallische oder metallisch ummantelte Replizierwalze 41 ist mit Oberflächenstrukturierungen in Form von Diffraktionsprägestrukturen 46 auf ihrer Replizieroberfläche ausgestattet. Die Diffraktionsprägestrukturen 46 weisen eine Tiefe von zwischen nahezu 0 und 20 µm auf und haben Linienabstände oder örtliche Frequenzen von 10 Linien pro Millimeter bis 4000 Linien pro Millimeter.



Die Gegendruckvorrichtung 42 ist als zylinderförmige Walze ausgebildet und kann aus Gummi bestehen oder eine aus Gummi bestehende Ummantelung aufweisen.

Der Pfeil 48 sowie der Pfeil 49 zeigen die jeweiligen Drehrichtungen von Replizierwalze 41 und Gegendruckeinrichtung 42 an, wobei sich die Replizierwalze 41 im Uhrzeigersinn und die Gegendruckeinrichtung 42 gegen den Uhrzeigersinn drehen. Der Pfeil 47 weist in die Vorschubrichtung des Substrats 43, das sich in Figur 1a nach links bewegt. Die Replizierwalze 41, das Substrat 43 und die Gegendruckvorrichtung wirken derart zusammen, dass die Replizieroberfläche mit den Diffraktionsprägestrukturen 46 unter einem bestimmten, meist einstellbaren Druck auf das Substrat 43 während der Rotation der Replizierwalze 41 und der Gegendruckeinrichtung 42 gepresst wird. Im Kontaktbereich zwischen Replizierwalze 41 und Substrat 43 erfolgt die Abformung der Fläche 44 als Markierung 45 auf dem Substrat 43.

Der Laserstrahl 30 kann die Fläche 44 flächig oder in abgewandelten Ausführungen punktförmig sequentiell belichten. Die Ansteuerung des Laserstrahls 30 bezüglich Leistung, Strahlrichtung, Flächenleistungsdichte etc. erfolgt durch eine Steuerungseinrichtung. Der Laserstrahl 30 kann gepulst oder leistungsmoduliert sein, vorzugsweise arbeitet er mit einer kontinuierlichen Leistung. Der Laserstrahl 30 kann beim Belichtungsvorgang ortsfest oder bewegt sein. Bei einer flächigen Belichtung, beispielsweise durch ein Maskenprojektionsverfahren, ist der Laserstrahl vorzugsweise ortsfest während sich die Replizierwalze dreht. In abgewandelten Ausführungsformen erfolgt die Bewegung des Laserstrahls 30 mitlaufend zur rotierenden Replizierwalze 41 in Richtung des Pfeils 90. Bei schreibenden Belichtungsverfahren mit einem punktförmigen oder nahezu punktförmigen Laserstrahl 30 kann die Bewegung des Laserstrahls 30 mitlaufend zur rotierenden Replizierwalze 41 in Richtung des Pfeils 90 und auch parallel zur Längserstreckung der Drehachse der Replizierwalze 41 in Richtung des Pfeils 91 sein. Zur punktförmigen Belichtung kann der Laserstrahl fokussiert sein und einen geringen Strahldurchmesser, z.B. kleiner als 1 mm, aufweisen.

Die Replizierwalze 41 wird durch eine nicht dargestellte steuerbare innere, d.h. innen wirkende, Wärmequelle erwärmt, so dass der gesamte Bereich der Replizieroberfläche, der die Diffraktionsprägestrukturen 46 aufweist, eine vorzugsweise einheitliche Temperatur aufweist, die unterhalb der Abformtemperatur des Substrats 43, also unterhalb des Plastiktemperaturbereichs im Elastiktemperaturbereich des Substrats 43 liegt.

Es werden nur die Teilbereiche der Replizierwalze 41 unter Erzeugung einer dauerhaft verbleibenden Markierung 45 abgeformt, wenn diese Teilbereiche zusätzlich zu der Erwärmung mit der inneren Wärmequelle mit dem Laserstrahl 30 unter Ausbildung eines Wärmekombinationsbereichs belichtet worden sind. Durch den Laserstrahl 30, der unter einem beliebigen Winkel auf die Replizierwalze 41 gerichtet werden kann, erfolgt innerhalb der bestrahlten Fläche 44 ein zusätzlicher Energieeintrag, so dass ein latentes Wärmebild, in Figur 1a als Rechtecksfläche 44 dargestellt, auf der Replizierwalze 41 entsteht. Das latente Wärmebild kann eine einfache geometrische Form, wie z.B. Kreis, Mehreck, geschlossenes Polygon, aber auch die Form von Buchstaben, Ziffern oder Symbolen aufweisen.

Der Energieeintrag in die Fläche 44 mittels Laserstrahl 30 erfolgt auf der rotierenden Replizierwalze 41 in einem Bereich der von dem Bereich, in dem die Abformung durchgeführt wird, einen Drehwinkelabstand von ca.  $90^\circ$  aufweist. Aus diesem örtlichen Abstand resultiert ein zeitlicher Abstand zwischen Bestrahlung und Abformung. Der Energieeintrag durch den Laserstrahl 30 ist so bemessen, dass innerhalb der bestrahlten Fläche 44 die Temperatur nach der Belichtung innerhalb oder, um Wärmeleitungseffekte aufgrund des zeitlichen Abstands zu kompensieren, oberhalb des Plastiktemperaturbereichs des Substrats 43 liegt. Durch diese Temperaturführung weist der Teilbereich 44 der Replizierwalze 41 beim Repliziervorgang eine Oberflächentemperatur auf, die innerhalb des Plastiktemperaturbereichs liegt und wird im Kontaktbereich zwischen Repliziervorrichtung 41 und Substrat 43 in das Substrat 43 dauerhaft verbleibend abgeformt. Durch Änderung der Form und Struktur der bestrahlten Fläche 44 kann

27

Vor allem erlaubt diese Betriebsart, dass Steuersequenzen von Bewegungen des Laserstrahls 30 zur Erzeugung einer einzelnen Markierung über mehrere Drehungen der Replizierwalze 41, also über mehrere Arbeitszyklen, hinweg erfolgen können. Beispielsweise ist es dadurch möglich auf dem Substrat einen beliebig langen Schriftzug in Vorschubrichtung 47 zu erzeugen.

Bei einer Abwandlung dieser Betriebsart wird der Laserstrahl 30 kontinuierlich eingeschaltet und die Änderung der Flächenleistungsdichte auf der Replizierwalze 41 erfolgt durch eine Änderung des Strahlprofils des Laserstrahls 30.

Eine Kombination dieser Betriebsarten ist ebenfalls möglich.

In der Figur 1b ist eine abgewandelte Ausführungsform der Vorrichtung in Figur 1a mit einem flächigen Belichtungsverfahren dargestellt. Die Vorrichtung in Figur 1b ist analog zu der Vorrichtung in Figur 1a ausgebildet, wobei die Vorrichtung in Figur 1b jedoch einen Diodenlaserstapel 93 als Strahlung erzeugende Vorrichtung aufweist.

28

Der Laserstrahl 30 wird von einer Laserquelle 94 unter Zwischenschaltung einer Optikeinrichtung 95 und einer Ablenkeinheit 96 auf die Replizierwalze 41 geführt, wo der Laserstrahl unter Ausbildung eines Auftreffpunkts 101 auftrifft.

Die Laserquelle 94 ist in Figur 1b schematisch als Quader dargestellt und kann in beliebiger Bauweise ausgebildet sein, z.B. als Nd:YAG-, Excimer-, Festkörper-, Gas-, Halbleiterlaser etc. Die Laserquelle 94 ist oberhalb des Substrats 43 und beabstandet von der Replizierwalze 41 angeordnet, wobei sie derart ausgerichtet ist, dass die am Ausgang austretende Laserstrahlung 30 in etwa parallel versetzt zur Längserstreckung der Drehachse der Replizierwalze 41 angeordnet ist. In weiteren Ausbildungen der

Vorrichtung kann die Laserquelle 94 auch so angeordnet sein, dass die aus der Laserquelle austretende Laserstrahlung 30 in etwa senkrecht zum Substrat 43 angeordnet ist und entsprechend umgelenkt wird.

Die Optikeinrichtung 95 ist in Strahlausbreitungsrichtung des Laserstrahls 30 nach der Laserquelle 94 angeordnet und weist optische Komponenten zur Strahlführung und -formung auf.

In der in Strahlausbreitungsrichtung des Laserstrahls 30 nachgeschalteten Ablenkeinheit 96 wird der Laserstrahl 30 um einen steuerbaren Winkel  $\alpha$  umgelenkt, so dass der Auftreffpunkt 101 in Bewegungen parallel zur Längserstreckung der Drehachse der Replizierwalze 41 über die Replizierwalze 41 geführt werden kann.

Die Ablenkeinheit 96 weist eine Antriebseinheit 98, z.B. einen Motor, insbesondere einen Servomotor oder Schrittmotor, oder einen Galvanometerantrieb, und einen über eine Antriebswelle 99 verbundenen Spiegel 97 mit einer reflektierenden Vorderseite auf. Die Antriebswelle 99 wird von der Antriebseinheit 98 angetrieben und ist mit dem Spiegel 97 starr verbunden. Die Antriebswelle 99 und der Spiegel 97 können so zueinander angeordnet sein, dass die Drehachse der Antriebswelle 99 in der Ebene der reflektierenden Vorderseite des Spiegels 97 liegt und dass die Antriebswelle 99 die reflektierende Vorderseite des Spiegel 97 nicht oder nur geringfügig verdeckt. In dieser Anordnung kann durch eine von der Antriebseinheit 98 ausgelöste Drehbewegung der Antriebswelle 99 die reflektierende Vorderfläche des Spiegels 97 unter Ausbildung einer Drehachse um einen Winkel gedreht werden.

Die Ablenkeinheit 96 ist derart angeordnet, dass der Laserstrahl 30 die reflektierende Vorderseite des Spiegels 97 in einem Winkel von  $\alpha/2$  trifft und die Kippachse der reflektierenden Vorderfläche des Spiegels 97 in etwa senkrecht zu einer Ebene angeordnet ist, die durch den auf die Ablenkeinheit 96 einfallenden und den davon reflektierten Laserstrahl 30 gebildet wird.

Die Optikeinrichtung 95 kann auch der Ablenkeinrichtung 96 nachgeschaltet sein.

Die Position des Auftreffpunkts 101 auf der Replizierwalze 41 parallel zur Längserstreckung der Drehachse der Replizierachse 41 wird durch die Ablenkeinheit

96 gesteuert. In Kombination mit der Rotationsbewegung der Replizierwalze 41 wird ein Belichtungsmuster 100 auf der Replizierwalze erzeugt. Das Belichtungsmuster 100 ist in der Darstellung in Figur 1c als zeilenweise geschriebene, sequentiell belichtete, linienförmige und zusammenhängende Wärmespur ausgebildet. Die Wärmespur verläuft nahezu parallel zur Drehachse der Replizierwalze 41, wobei sich bei jedem Zeilenwechsel die Vorschubrichtung des Auftreffpunkts 101 ändert.

Figur 2a zeigt eine Schnittansicht der Vorrichtung in Figur 1a. Das Substrat 43 hat einen Schichtaufbau mit einer thermoplastischen Schicht 51, einer zweiten Schicht 52 und einer Trägerfolie 50, die beispielsweise Polyester- oder als Polycarbonatfolie ausgebildet ist. Die zweite Schicht 52 und weitere Schichten ist bzw. sind optional. Diese zweite Schicht 52 bzw. weitere vorzugsweise verschiedene Schichten sind als Schutz-Lackschicht, Metallisierungsschicht, Interferenzschicht, oder Kleberschicht ausgebildet.

Die Replizierwalze 41 weist Diffraktionsprägestrukturen 46 auf, die entweder, wie hier schematisch gezeigt, über den gesamten Umfang vorzugsweise vollflächig, aber auch nur in Teilbereichen aufgebracht sein können.

Die Replizierwalze 41 und das Substrat 43 wirken wie oben bereits erwähnt beim Abwälzen der Replizierwalze 41 unter Druck zusammen, wobei die Replizierwalze 41 in der Drehrichtung des Pfeils 48 rotiert und sich dazu das Substrat 43 schlupffrei in Richtung des Pfeils 47 bewegt. Die Replizierwalze 41 ist vollständig oder in Teilbereichen durch die nicht dargestellte steuerbare innere Wärmequelle erwärmt. Der Laserstrahl 30 ist von außen auf die Replizierwalze 41 gerichtet und trifft in einem Bereich vor dem Replizierspalt 53 auf die die Diffraktionsprägestrukturen 46 tragende Replizieroberfläche der Replizierwalze 41 auf, wobei als Replizierspalt 53 der Kontaktbereich zwischen Replizierwalze und Substrat beim Abformvorgang bezeichnet wird.

Bei der in Fig. 2a dargestellten Ausführung des Verfahrens wird durch die innere steuerbare Wärmequelle die Replizieroberfläche auf eine Temperatur gebracht, die innerhalb des Elastiktemperaturbereichs liegt. Durch den zusätzlichen Energieeintrag durch den Laserstrahl 30 werden die bestrahlten Flächen 70 weiter erwärmt und stellen somit die Wärmekombinationsbereiche dar. Die Energieeinträge sind derart

bemessen, dass die Replizieroberfläche der Replizierwalze 41 beim Kontakt mit dem Substrat 43 in den Bereichen 70 eine Temperatur aufweist, die innerhalb der Plastiktemperatur des Substrats 43 liegt und dass die restlichen Bereiche Temperaturen aufweisen, die unterhalb des Plastiktemperaturbereichs und z. B. im Elastiktemperaturbereich des Substrats 43 liegen. Bei der Abformung der Diffraktionsprägestruktur 46 auf das Substrat 43 werden bei dieser Temperaturverteilung nur die Bereiche 70 in die thermoplastische Schicht 51 dauerhaft verbleibend abgeformt. Auf diese Weise wird eine Markierung 45, deren in das Substrat 43 abgeformte Flächenanteile diffraktive Strukturen aufweisen, in ein Substrat 43 als individualisiertes Sicherheitsmerkmal eingebracht.

Das Prinzip der Positiv-Selektion bzw. Negativ-Selektion von Teilbereichen auf der Replizieroberfläche der Repliziervorrichtung für die Abformung auf ein Substrat soll anhand des Graphen in Figur 2b näher erläutert werden.

In der Figur 2b ist ein Koordinatensystem 20 dargestellt, wobei auf der horizontalen X-Achse der Ausschnitt des Walzenumfangs einer Prägewalze und auf der vertikalen Y-Achse die Temperatur auf der Replizieroberfläche dieser Prägewalze an der jeweiligen Position längs des Walzenumfangs aufgetragen ist.

Die Temperaturskala kann qualitativ in mindestens drei Bereiche unterteilt werden: Der erste Bereich ist der Elastiktemperaturbereich  $T_{\text{elast}}$ . Der darüber angesiedelte Temperaturbereich mit höheren Temperaturen ist der Plastiktemperaturbereich,  $T_{\text{plast}}$ . Der hier dargestellte höchste Temperaturbereich ist der Fließtemperaturbereich  $T_{\text{fließ}}$ .

Nur im Plastiktemperaturbereich  $T_{\text{plast}}$  wird die strukturierte Oberfläche der Walze dauerhaft verbleibend auf das Substrat abgeformt. Dieser Bereich stellt somit das Prozessfenster für einen erfolgreichen Abformvorgang dar.

Der Elastiktemperaturbereich  $T_{\text{elast}}$  ist bei niedrigeren Temperaturen angesiedelt. Hier erfolgt zwar bei einer Kontaktierung zwischen Prägewalze und Substrat, die unter Druck erfolgt, zumindest bei Temperaturen nahe  $T_{\text{plast}}$  eine elastische Verformung des

Substrats, aber sobald Prägewalze und Substrat wieder getrennt werden, nimmt das Substrat elastisch federnd bzw. gedämpft zurückschwingend seine ursprüngliche meist glatte Oberflächenform wieder an.

Im Fließtemperaturbereich  $T_{\text{fließ}}$  erfolgt bei der Kontaktierung von Prägewalze und Substrat unter Druck zunächst eine Verformung. Werden jedoch Prägewalze und Substrat wieder getrennt, so wird aufgrund der hohen Temperatur des Substrats das Substratmaterial zu fließen beginnen. Dadurch werden eingebrachte Oberflächenrauigkeiten geglättet, wozu auch die übertragenen Strukturierungen gehören. Sowohl im Fließtemperaturbereich als auch im Elastiktemperaturbereich verbleiben die eingebrachten Strukturierungen im Substrat nicht dauerhaft.

In Figur 2b weist die Oberfläche der Prägewalze im Bereich I eine Temperatur innerhalb des Elastiktemperaturbereichs  $T_{\text{elast}}$  auf. Im Bereich II liegt die Temperatur innerhalb des Plastiktemperaturbereichs  $T_{\text{plast}}$  und der Bereich III befindet sich wiederum innerhalb des Elastiktemperaturbereichs. Bei einer Abformung der strukturierten Oberfläche der Prägewalze auf ein Substrat werden in den Bereichen I und III die Strukturen abgeformt, aber das Substrat nimmt elastisch federnd wieder seine ursprüngliche Form ein. Im Bereich II wird durch den Abformvorgang eine dauerhafte Oberflächenstrukturierung in das Substrat eingebracht. So entsteht bei einem derartigen Temperaturprofil ein Substrat 43 mit Positivbild, in dem in den Bereichen I und III keine Oberflächenstrukturierungen dauerhaft verbleibend eingeprägt werden und im Bereich II die Oberflächenstrukturierungen dauerhaft verbleibend eingeprägt sind. Das Substrat 43 entspricht dem Substrat 43 in Figur 2a in vergrößerter Darstellung.

In Figur 3a ist der gleiche Ausschnitt wie in Fig. 2a bei einer anderen Ausführung des Verfahrens dargestellt. In Fig. 3a wird die die Diffraktionsprägestruktur 46 tragende Oberfläche der Replizierwalze 41 durch eine innere, steuerbare Wärmequelle auf eine Temperatur gebracht, die innerhalb des Plastiktemperaturbereichs des Substrats 43 liegt.



Durch den Energieeintrag durch die Laserstrahlung 30 wird in den Bereichen 70 zusätzliche Energie eingebracht, so dass diese eine höhere Temperatur aufweisen. Wenn die zusätzliche Energie so bemessen ist, dass durch die Erwärmung die Bereiche 70 eine Temperatur erreichen, die außerhalb und zwar oberhalb des Plastiktemperaturbereichs liegt, so werden nur die Bereiche der Replizieroberfläche mit Diffraktionsprägestruktur 46 übertragen, die nicht zusätzlich mit Strahlung belichtet worden sind.

Diese andere Prozessführung ist in Figur 3b nochmals schematisch gezeigt. Hier befindet sich das Temperaturprofil  $T$  der Walze in den Bereichen I und III im Plastiktemperaturbereich  $T_{\text{plast}}$ , wohingegen im Bereich II die Temperatur innerhalb des Fließtemperaturbereich  $T_{\text{fließ}}$  liegt. Bei einem Abformvorgang wird mit einer derartigen Prozessführung ein Substrat 43 mit Negativbild erzeugt, das in den Bereichen I und III eine Oberflächenstrukturierung aufweist, wohingegen im Bereich II das Oberflächenprofil quasi wieder ausgeheilt ist. Bei dem Substrat 43 handelt es sich um das Substrat 43 in Fig. 3a in vergrößerter Darstellung.

Durch das Verfahren nach Figur 2a können Positivbilder, durch das Verfahren nach Figur 3a können Negativbilder auf einem Substrat erzeugt werden.

Die Figur 4 ist eine schematische Ausschnittsdarstellung eines Querschnitts einer Repliziervorrichtung 35 wie z.B. der Replizierwalze 41 in Fig. 1a. Die Repliziervorrichtung 35 ist an ihrer Replizieroberfläche mit Oberflächenstrukturierungen 36 versehen. Durch die Isothermen 32 ist die Wärmeverteilung in der Repliziervorrichtung im Bereich der Oberflächenstrukturierung 36 veranschaulicht. Zur Vereinfachung sind nur drei Isothermen gezeigt, die Bereiche mit verschiedenen Temperaturen  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_3$  voneinander abgrenzen. Weiterhin ist ein Laserstrahl 30 gezeigt, der auf die Replizieroberfläche mit der Oberflächenstrukturierung 36 gerichtet ist und auf diese auftrifft sowie eine schematische Kennzeichnung des Absorptionsvolumens 31. Mit der Figur 4 wird eine Ausführung des Verfahrens zur Erzeugung von Bereichen mit unterschiedlichen Temperaturen ausführlich vorgestellt. Die Repliziervorrichtung 35 wird in einem ersten Verfahrensschritt in der Nähe der Replizieroberfläche mit der

Oberflächenstrukturierung 36 durch eine steuerbare Wärmequelle in den hier gezeigten Bereichen I, II und III auf eine erste Temperatur  $T_1$  eingestellt. Im nächsten Verfahrensschritt, der sich aber auch zeitlich mit dem ersten Verfahrensschritt überlappen kann, wird die Repliziervorrichtung 35 im Bereich II mit dem Laserstrahl 30 belichtet. Hierbei wird der Laserstrahl 30 an der Replizieroberfläche mit der Oberflächenstrukturierung 36 in einem Absorptionsvolumen 31 absorbiert. Der Energieeintrag in dem Absorptionsvolumen 31 bewirkt, dass sich die Temperatur des Absorptionsvolumens ausgehend von der Temperatur  $T_1$  weiter bis auf eine Temperatur  $T_3$  erhöht. Durch Wärmeleitung verschiebt sich der Temperaturbereich  $T_1$  weiter in die Repliziervorrichtung hinein und es ergibt sich eine Wärmeverteilung wie in Fig. 4 dargestellt. Abhängig von der Anfangstemperatur  $T_1$  und dem Energieeintrag sowie der Position und der Ausdehnung des Laserstrahls 30 kann ein Temperaturprofil gemäß Figur 2b für ein Positivbild oder ein Temperaturprofil gemäß Figur 3b für ein Negativbild auf der Replizieroberfläche erzeugt werden.

In Figuren 5a,b ist das Prinzip dargestellt wie durch verschiedene Ausführungen des Verfahrens ein individualisiertes Sicherheitsmerkmal erzeugt werden kann. Links ist jeweils in der Draufsicht ein Teilbereich einer Replizieroberfläche wie z.B. aus der Replizierwalze 41 aus Fig. 1a mit einer strukturierten Oberfläche 2 gezeigt. Rechts ist in Draufsicht ein Ausschnitt 4 aus einem Substrat nach dem Abformvorgang wie z.B. aus dem Substrat 43 in Fig. 1a dargestellt.

In Fig. 5a weist die k-förmige Teilfläche 3 der Oberfläche 2 eine Temperatur  $T$  auf, die innerhalb des Plastiktemperaturbereichs  $T_{\text{plast}}$  des Substrats liegt. Außerhalb dieses Bereichs weist die Oberfläche 2 eine Temperatur auf, die außerhalb des Plastiktemperaturbereichs  $T_{\text{plast}}$  liegt. Bei einem Abformvorgang mit dieser Temperaturverteilung entsteht auf einem Substrat 43 ein Positivbild 5, dessen spiegelbildliche k-förmige Fläche mit dem Abdruck der Oberflächenstrukturierungen der strukturierten Oberfläche 2 gefüllt ist.

In Fig. 5b hat die k-förmige Fläche eine Temperatur  $T$  außerhalb und die Restbereiche der Oberfläche 2 eine Temperatur  $T$  innerhalb des Plastiktemperaturbereichs  $T_{\text{plast}}$ . Der bei einem Abformvorgang aus dieser Temperaturverteilung resultierende dauerhafte Abdruck auf das Substrat 43 ist ein Negativbild 6, wobei die Bereiche, die

komplementär zu der spiegelbildlichen k-förmigen Fläche sind, mit dem Abdruck der Oberflächenstrukturierungen der strukturierten Oberfläche 2 gefüllt sind.

In Figur 6 ist ein anderer Ausschnitt der Replizieroberfläche der Replizierwalze 41 in Fig. 1a mit einer Diffraktionsprägestruktur 46 gezeigt, die in verschiedene Teilbereiche unterteilt ist. Diese Teilbereiche sind aus einer begrenzten Anzahl von Diffraktionsmustern gebildet worden, die sich hinsichtlich der Spatialfrequenz, des Gitterabstandes, der Krümmung des Gitters, der Symmetrie des Gitters bzw. anderen Parametern unterscheiden. In der Darstellung sind stellvertretend für die vielen Möglichkeiten Teilbereiche mit drei verschiedenen Diffraktionsmustern gezeigt, nämlich 80, 81 und 82. Jeder Teilbereich 80, 81, 82 weist jeweils nur ein Diffraktionsmuster auf. Diese unterschiedlichen Teilbereiche 80, 81, 82 sind regelmäßig alternierend angeordnet. Vorzugsweise sind die Teilbereiche 80, 81, 82 als abgegrenzte Flächenfelder mit quadratischer Kontur z.B. mit Seitenlängen kleiner gleich 0,3 mm ausgebildet. Durch das vorgestellte Verfahren ist es nun möglich durch Belichtung mit Strahlung, insbesondere Laserstrahlung, Teilbereiche 80, 81, 82 für die Übertragung von der Replizierwalze auf das Substrat zu aktivieren oder zu deaktivieren, um bei einem Repliziervorgang ein Positiv- oder ein Negativbild zu erzeugen. Ein derartig erzeugtes Bild 85 weist Teilbereichsabformungen 80a, 81a, 82a der Teilbereiche 80, 81, 82 auf.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wurden die Teilbereiche 80, 81, 82 der Diffraktionsprägestruktur 46 durch die Wärmeverteilung in der Repliziervorrichtung derart selektiert, dass in dem Bild 85 Bildbereiche 86, 87, 88 entstehen, die jeweils nur eine Art von Diffraktionsmustern aufweisen; d.h. jeweils nur aus einer Art von Teilbereichsabformungen 80a, 81a, 82a gebildet werden. Bei der Betrachtung des Bildes 85 erscheinen diese aus einzelnen separaten Teilbereichsabformungen bestehenden Bildbereiche 86, 87, 88 als vollflächige, homogene Bildbereiche wie sie von konventionell erzeugten Bildern bekannt sind, mit dem Unterschied, dass die Bildbereiche 86, 87, 88 besondere optische Eigenschaften aufweisen.

Bei dem Ausführungsbeispiel in Figur 7 ist der Aufbau der Vorrichtung ähnlich wie bei der Vorrichtung in Fig. 2a. Die Belichtung der Replizierwalze 41 mit dem

Laserstrahl 30 erfolgt in Fig. 7 durch die Belichtung von Bestrahlungsbereichen 71 auf einer zweiten Fläche 60, die konzentrisch zu der die Diffraktionsprägestruktur 46 tragenden Walzenoberfläche innenliegend angeordnet ist. Der Laserstrahl wird in den Bestrahlungsbereichen 71 vollständig oder teilweise absorbiert und es findet ein Wärmeeintrag in die Repliziervorrichtung statt. Die Erwärmung der Bereiche 70 auf der Replizieroberfläche erfolgt durch Wärmeleitung ausgehend von den innenseitigen Bestrahlungsbereichen 71. Die Form der mit dem Laserstrahl 30 belichteten Bestrahlungsbereiche 71 kann durch Maskenprojektionsverfahren oder schreibende Verfahren analog zu der Ausführung in Fig. 2a erzeugt werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann der zeitliche Abstand zwischen Bestrahlung und Abformung sehr gering ausgebildet sein, da der Drehwinkelversatz zwischen Bestrahlungsfläche 71 und Kontaktbereich von Substrat und Replizierwalze 41 sehr gering sein kann. Bei besonderen Ausführungsformen kann die gesamte Laserquelle in der Replizierwalze integriert sein, insbesondere bei Verwendung von Diodenlasern. Eine Zuführung über einen oder mehrere Lichtwellenleiter ist ebenso möglich wie eine offene, vorzugsweise coaxial zur Replizierwalze 41 verlaufende, Strahlführung.

Leonhard Kurz GmbH & Co., Schwäbacher Str. 482, 90763 Fürth

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung (45), z.B. Ziffern, Buchstaben, Flächenmuster, Flächenbilder oder Dekor, auf einem Substrat (43), vorzugsweise einer Folie, insbesondere Transferfolie,
- mit einer Repliziervorrichtung (41), die eine Replizieroberfläche aufweist, und
- mit einer Strahlung erzeugenden Einrichtung, vorzugsweise einer Laseranlage (30), die mit der Repliziervorrichtung (41) zusammenwirkt, indem die Strahlung zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf mindestens einen Bestrahlungsbereich (44) der Repliziervorrichtung gerichtet ist, und
- mit einer Gegendruckvorrichtung (42),
- wobei ein Substrat (43) zwischen Repliziervorrichtung (41) und Gegendruckvorrichtung (42) angeordnet ist, um in einem Kontaktbereich zwischen der Repliziervorrichtung (41) und dem Substrat (43) den Abformbereich auf das Substrat (43) abzuformen,
- dadurch gekennzeichnet,
- dass die Zuführung der Strahlung zur Ausbildung der Abformbereiche außerhalb des Substrats (43) verläuft.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Poynting'sche Vektor der Strahlung beim Auftreffen auf die  
Repliziervorrichtung (41) nicht auf den Kontaktbereich zeigt und/oder dass der  
Poynting'sche Vektor der Strahlung beim Auftreffen auf die  
Repliziervorrichtung (41) auf den Kontaktbereich zeigt, aber die Strahlung  
nicht das Substrat (43) im Kontaktbereich erreicht.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine vorzugsweise separat von der Strahlung erzeugenden Einrichtung  
ausgebildete zusätzliche Energiequelle vorgesehen ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zusätzliche Energiequelle derart ausgebildet ist, dass die Temperatur  
der Repliziervorrichtung (41) zumindest in Teilbereichen der  
Replizieroberfläche mittels der zusätzlichen Energiequelle einstellbar ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zusätzliche Energiequelle durch eine Heiz-Lasereinrichtung und/oder  
eine induktive Heizeinrichtung und/oder eine Widerstandsheizeinrichtung  
und/oder eine Wärmestrahlen erzeugende Einrichtung gebildet ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Repliziervorrichtung (41) ein Prägestempel oder ein Prägezylinder,  
insbesondere eine rotierende Walze, ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die rotierende Walze eine Länge zwischen 500 mm und 2500 mm und/oder einen Umfang zwischen 500 mm und 1500 mm aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der bisherigen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine die Bestrahlungsbereiche steuernde Steuerungseinrichtung,  
insbesondere eine frei programmierbare Steuerungseinrichtung, vorgesehen ist,  
wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Steuerungseinrichtung zur  
Ansteuerung der die Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildet ist.
9. Vorrichtung nach einem der bisherigen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Kühlvorrichtung zur Kühlung der Replizieroberfläche, insbesondere  
von Teilbereichen der Replizieroberfläche, vorgesehen ist, die vorzugsweise als  
Gebläse, Gasstromkühlung oder Kühlwalze ausgebildet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zusätzliche Energiequelle innerhalb der Repliziervorrichtung  
angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Strahlung auf die Replizieroberfläche der Repliziervorrichtung (41)  
gerichtet ist, so dass sie auf die Replizieroberfläche trifft.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Strahlung parallel zum Substrat (43) und/oder senkrecht zu dem  
Bestrahlungsbereich der Repliziervorrichtung (41) angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Repliziervorrichtung (41) eine zur Replizieroberfläche parallele  
und/oder konzentrische innenseitige Fläche (60) aufweist und die Strahlung  
auf die innenseitige Fläche (60) gerichtet ist, so dass die Strahlung auf die  
innenseitige Fläche (60) trifft.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen der innenseitigen Fläche (60) und der Replizieroberfläche eine  
Metallfolie, insbesondere eine Folie aus Nickel oder einer Nickelverbindung,  
und/oder eine Absorptionsschicht und/oder eine wärmeleitende Schicht  
und/oder eine transparente Schicht, insbesondere eine Platte oder ein Zylinder,  
die für die Wellenlänge der Strahlung transparent sind, angeordnet ist bzw.  
sind.
15. Verfahren zur Erzeugung einer Markierung (45) auf einem Substrat (43),  
vorzugsweise einer Folie, insbesondere Transferfolie,  
wobei Energie in Form von Strahlung, vorzugsweise Laserstrahlung, von einer  
eine Strahlung erzeugenden Einrichtung zur Ausbildung von mindestens einem  
Abformbereich auf einer Replizieroberfläche einer Repliziervorrichtung  
verwendet wird und  
wobei der Abformbereich der Replizieroberfläche auf das Substrat (43)  
abgeformt wird,  
indem die Repliziervorrichtung (41) das Substrat (43) unter Druck kontaktiert,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Strahlung zur Ausbildung der Abformbereiche außerhalb des Substrats  
(43) zugeführt wird.



16. Verfahren nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Repliziervorrichtung (41) zumindest in Teilbereichen der  
Replizieroberfläche unter Verwendung einer vorzugsweise separat zur  
Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildeten zusätzlichen Energiequelle,  
temperiert wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mindestens ein Wärmekombinationsbereich auf der Replizieroberfläche  
durch einen Energieeintrag von der zusätzlichen Energiequelle und einen  
Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung gebildet wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Abformbereich abgeformt wird, der dem Wärmekombinationsbereich  
entspricht oder der komplementär zu dem Wärmekombinationsbereich ist.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die während des Abformvorgangs herrschende Temperatur der  
Replizieroberfläche in mindestens einem Bereich außerhalb des  
Wärmekombinationsbereichs durch das Temperieren auf einen  
Plastiktemperaturbereich eingestellt wird und dass die während des  
Abformvorgangs herrschende Temperatur der Replizieroberfläche in  
mindestens einem Bereich innerhalb der Wärmekombinationsbereiche durch  
die zusätzlich mit der Strahlung eingebrachte Energie auf einen  
Fließtemperaturbereich eingestellt wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die während des Abformvorgangs herrschende Temperatur der

Replizieroberfläche in mindestens einem Bereich außerhalb des Wärmekombinationsbereichs durch das Temperieren auf einen Elastiktemperaturbereich eingestellt wird und dass die während des Abformvorgangs herrschende Temperatur der Replizieroberfläche im Bereich innerhalb des Wärmekombinationsbereichs durch die zusätzlich mit der Strahlung eingebrachte Energie auf einen Plastiktemperaturbereich eingestellt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Plastiktemperaturbereich ein Bereich innerhalb von  $\pm 2\%$  einer  
substratspezifischen Plastiktemperatur verwendet wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Plastiktemperaturbereich der Bereich von  $180^{\circ}\text{C} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$  verwendet  
wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Replizieroberfläche vor dem Energieeintrag von der Strahlung  
erzeugenden Einrichtung vollständig oder in Teilflächen homogen temperiert  
wird.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 23,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Replizieroberfläche auf mindestens  $100^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise mindestens  
 $170^{\circ}\text{C}$  temperiert wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Temperierung der Replizieroberfläche durch elektrisches Heizen

und/oder durch Vorwärmstrahlung, insbesondere eines vorwärmenden Laserstrahls, erfolgt.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Replizieroberfläche nach dem Abformvorgang und/oder vor einem folgenden Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung vollständig oder in Teilbereichen gekühlt wird.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung auf die Replizieroberfläche der Repliziervorrichtung gerichtet wird und/oder dass die Strahlung auf eine der Replizieroberfläche abgewandten Oberfläche eingebracht wird.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung in die Repliziervorrichtung eingebracht wird, bevor und/oder während der daraus resultierende Wärmekombinationsbereich mit dem Substrat kontaktiert.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass als Repliziervorrichtung eine Replizierwalze eingesetzt wird und dass die Einbringung der Strahlung in die Replizierwalze an einer ersten Winkelposition der Replizierwalze und der Kontakt der Replizierwalze mit dem Substrat an einer zweiten Winkelposition der Replizierwalze erfolgt, wobei in Drehrichtung der Replizierwalze zwischen erster Winkelposition und zweiter Winkelposition ein Zwischenwinkel von ungleich  $0^\circ$ , vorzugsweise kleiner als  $180^\circ$ , insbesondere kleiner als  $90^\circ$  eingestellt ist.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 29,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Strahlung flächig und/oder punktförmig sequentiell auf die  
Repliziervorrichtung einwirkt.
31. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 30,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Position des Auftreffpunkts der Strahlung auf der Replizieroberfläche  
durch ein- oder mehrdimensionale Bewegung der Strahlung steuerbar ist  
und/oder dass die Flächenleistungsdichte der Strahlung im Auftreffpunkt der  
Strahlung auf der Replizieroberfläche steuerbar ist.
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 31,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Strahlung erzeugende Einrichtung mehrere, vorzugsweise voneinander  
beabstandete Laserquellen aufweist, die insbesondere als ein Diodenlaserarray  
ausgebildet sind und insbesondere einzeln ansteuerbar sind.
33. Verfahren nach Anspruch 31 oder 32,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Steuersequenz zur Ansteuerung der Strahlung erzeugenden  
Einrichtung sich über mehr als einen Arbeitszyklus der Repliziervorrichtung  
z.B. einer Umdrehung der Replizierwalze oder einem Hub des Prägestempels  
erstreckt.
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 33,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung in dem  
Wärme kombinationsbereich durch direkte Absorption und/oder Wärmeleitung  
eingebracht wird.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 34,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 14 verwendet wird.



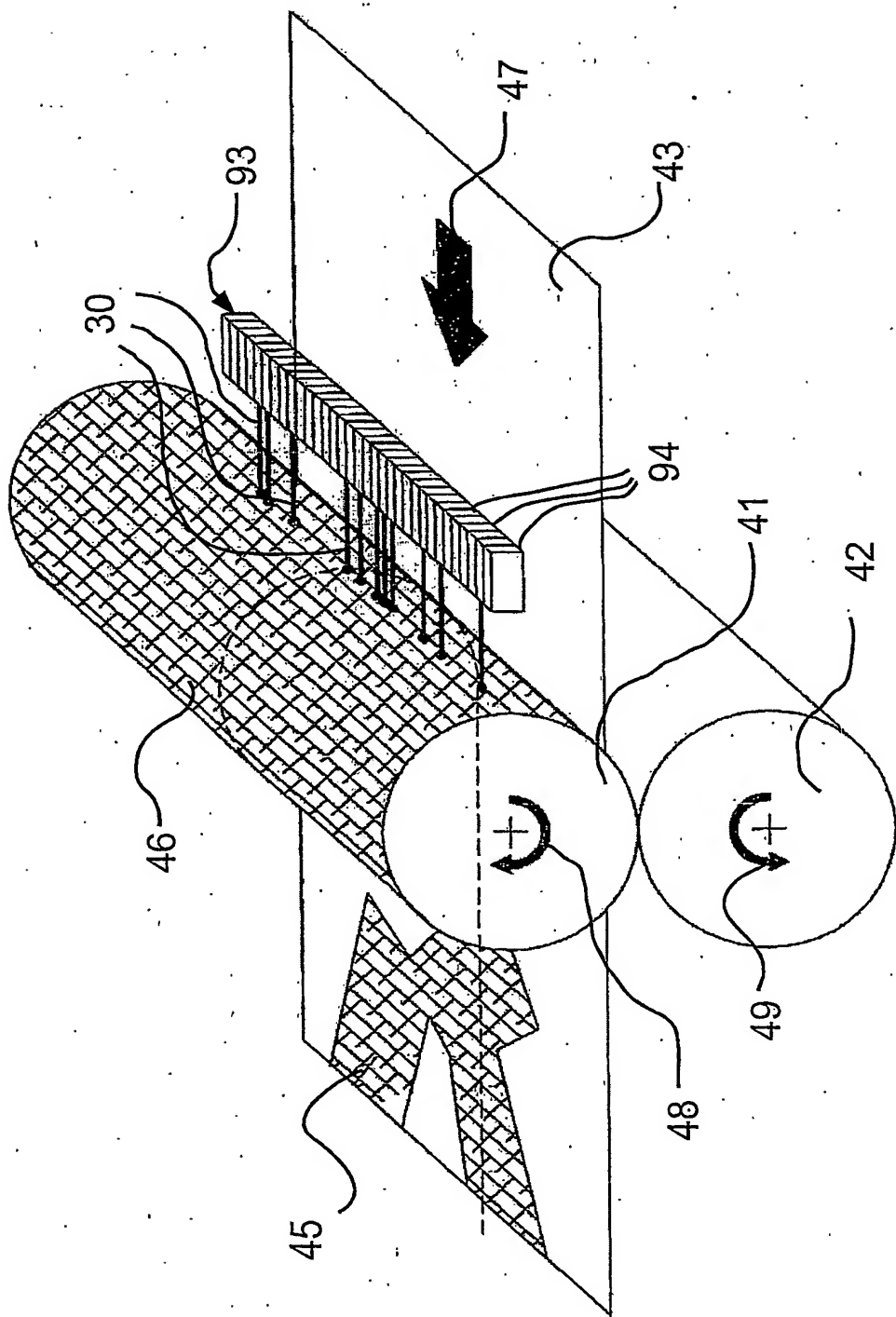


Fig. 1b

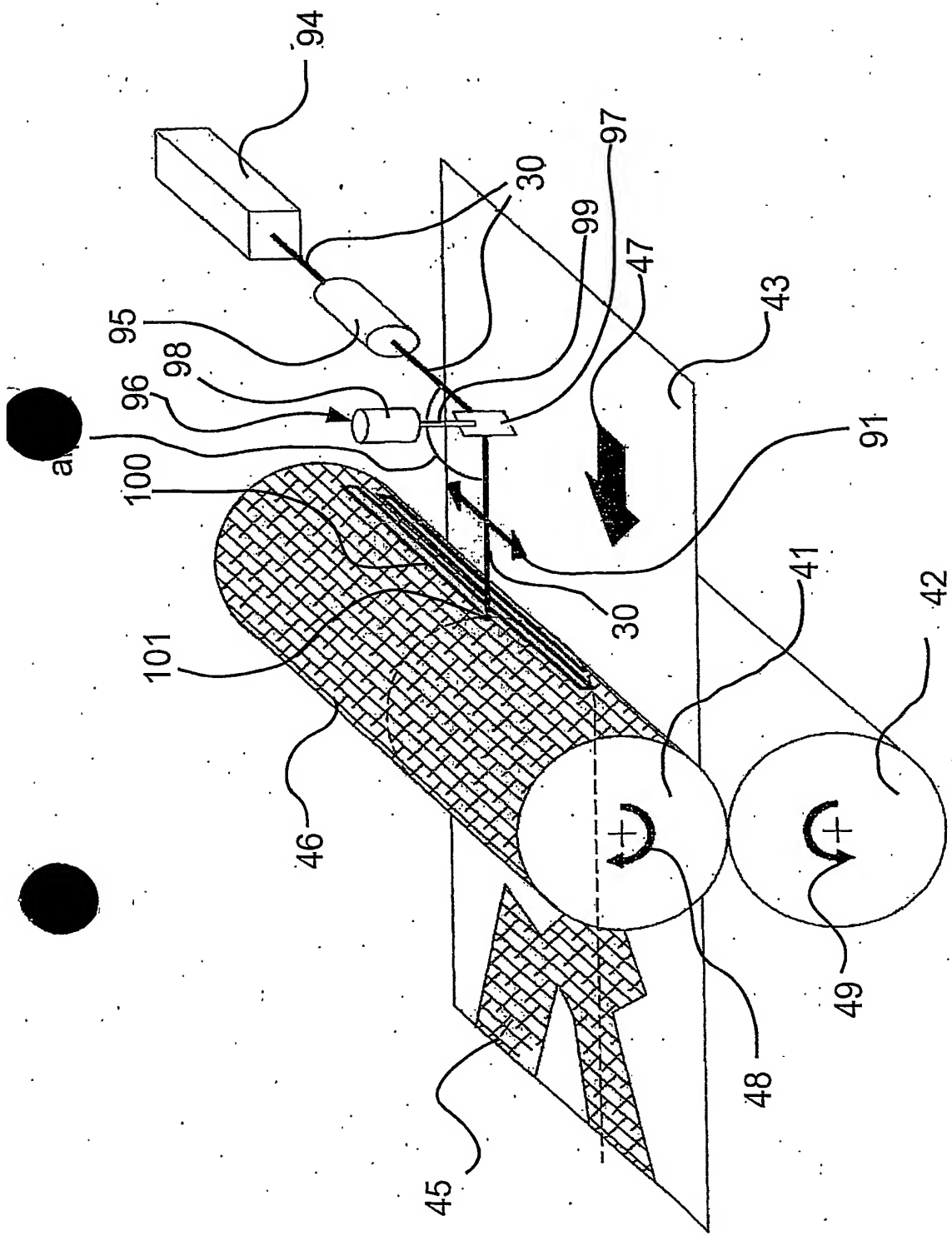


Fig. 1c



Fig. 2a

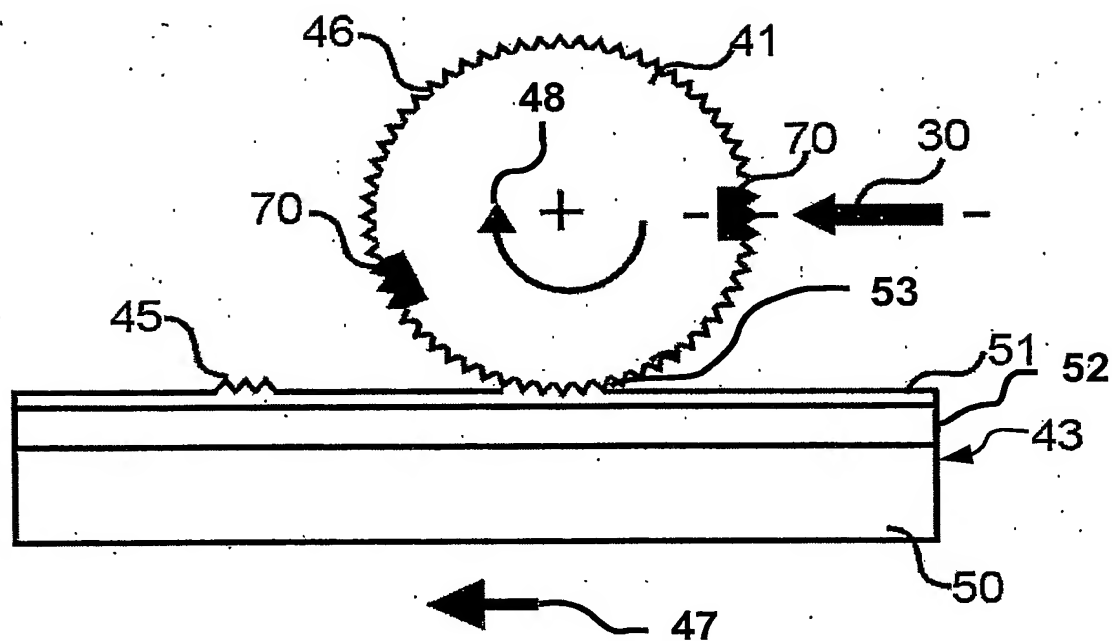
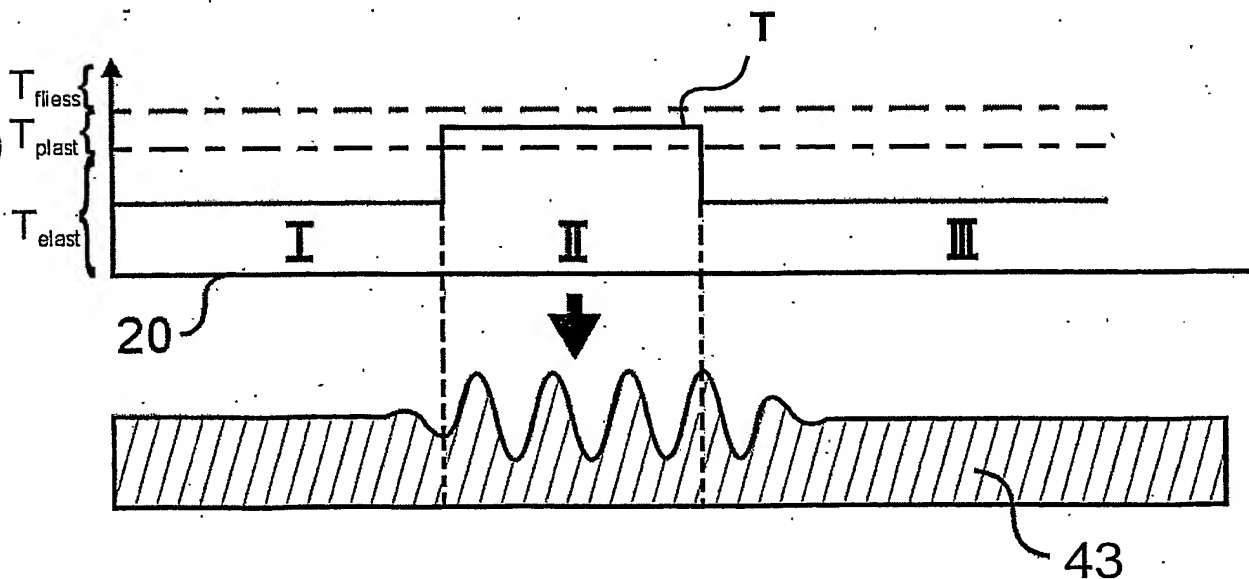
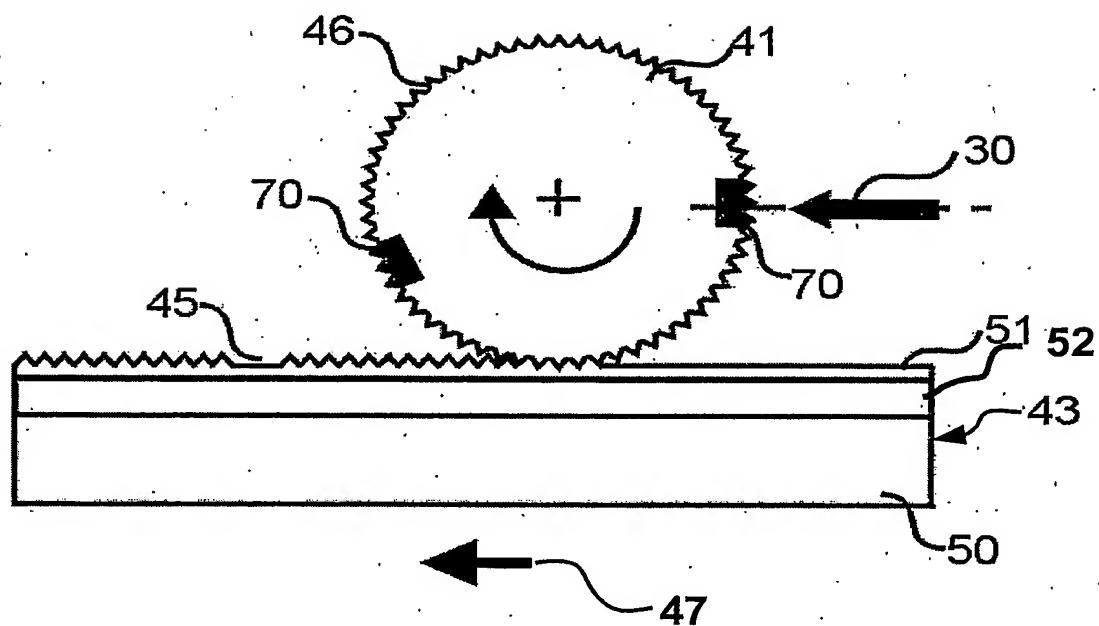


Fig. 2b



**Fig. 3a**



**Fig. 3b**

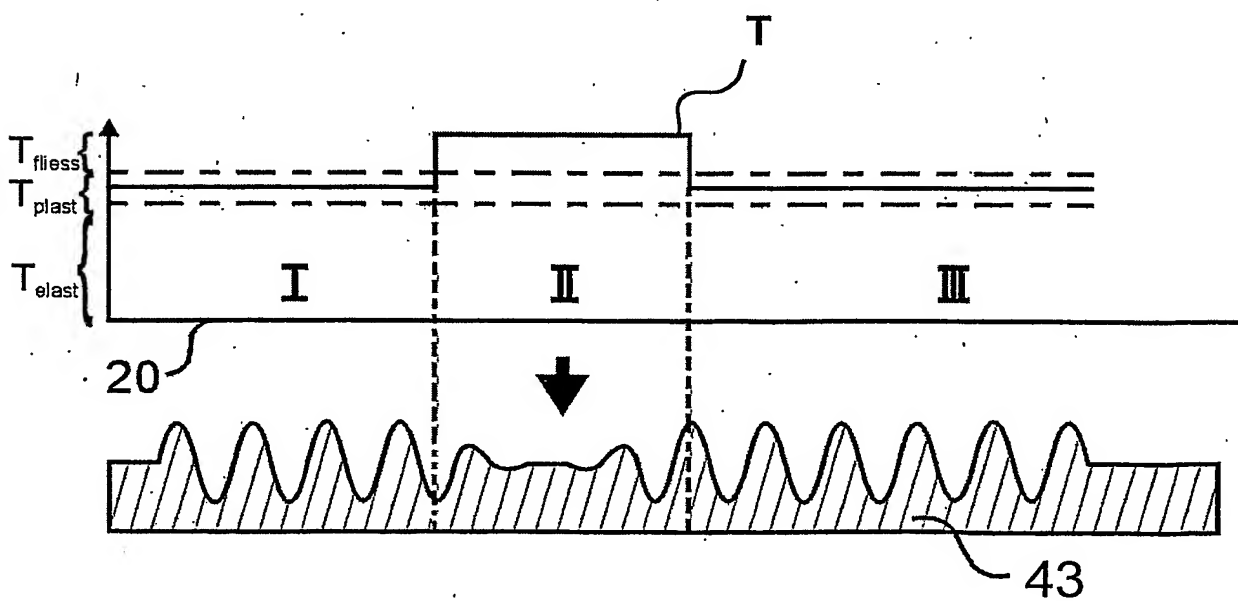


Fig. 4

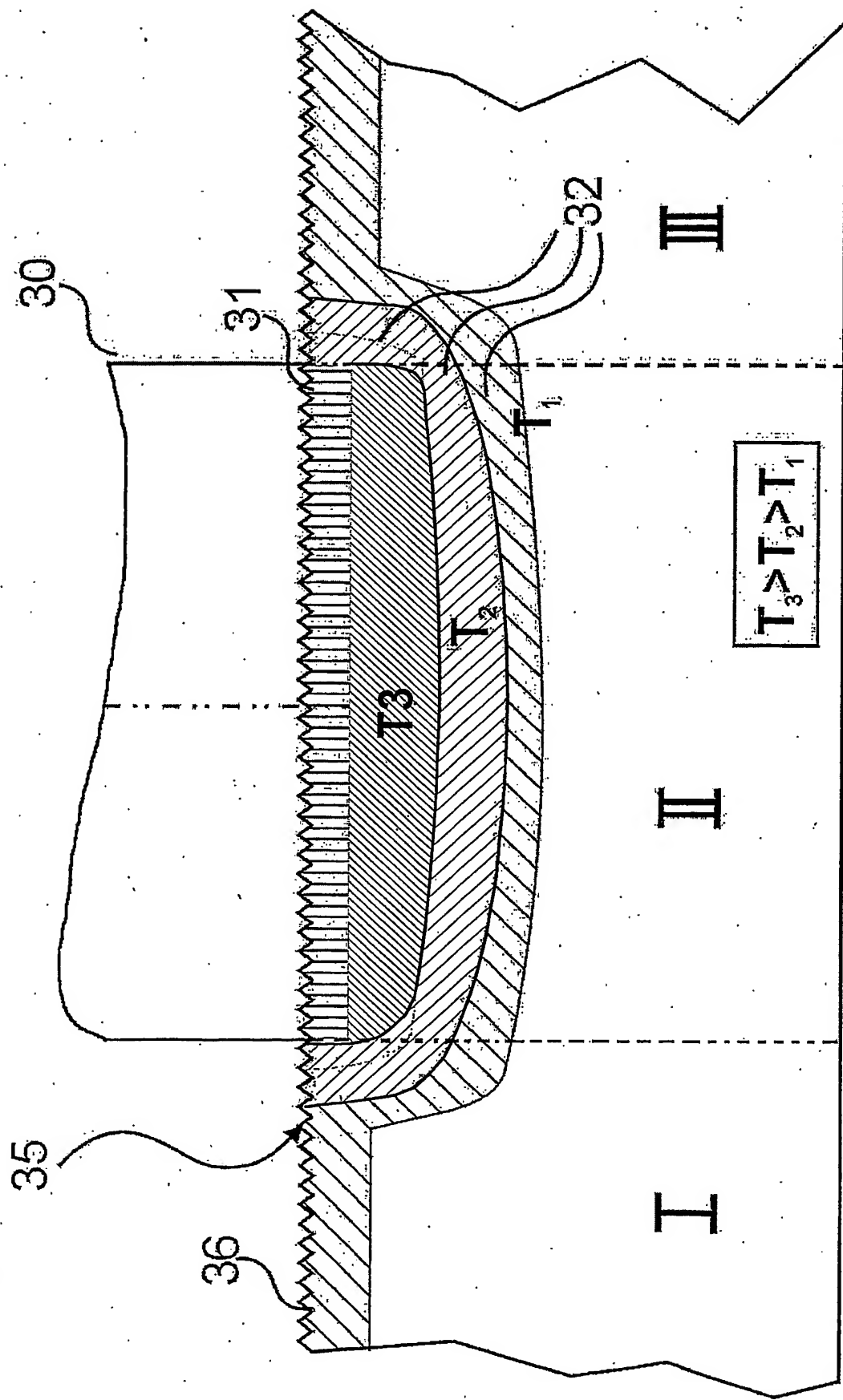


Fig. 5a

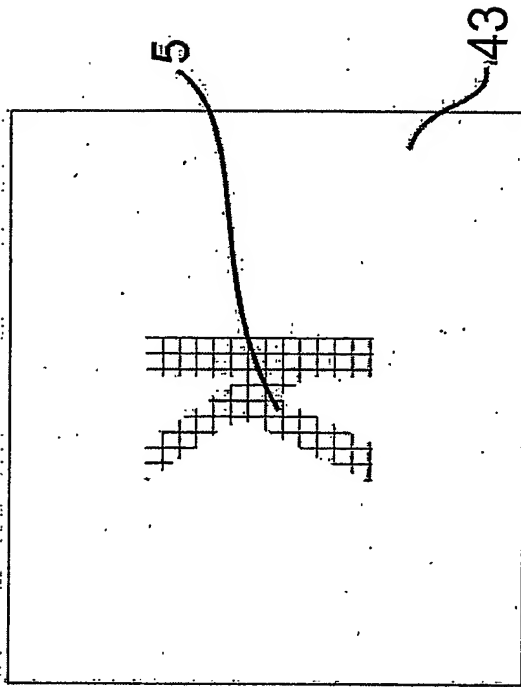
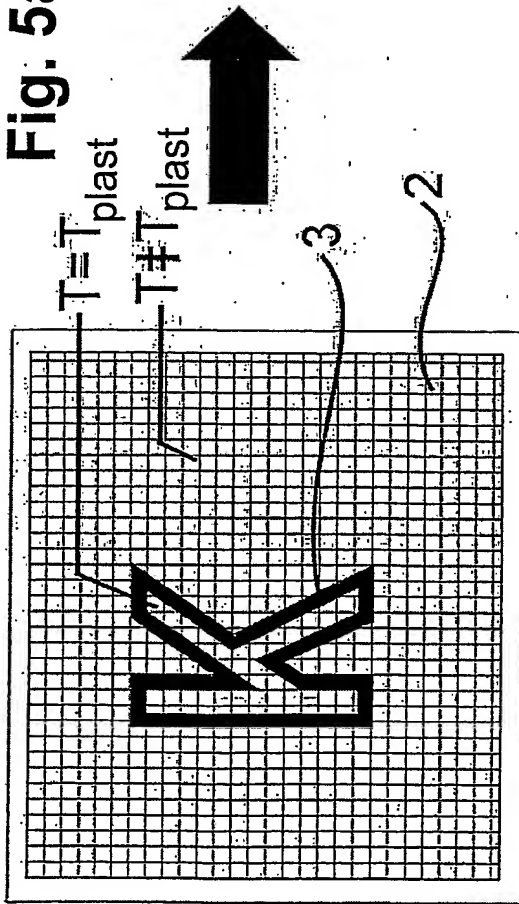


Fig. 5b

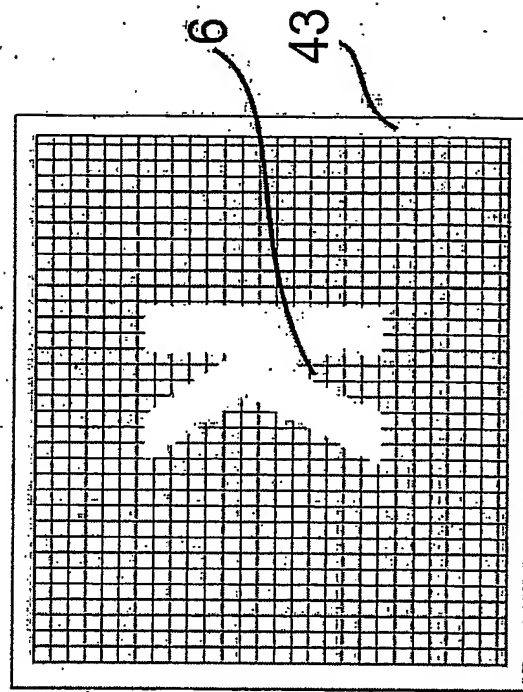
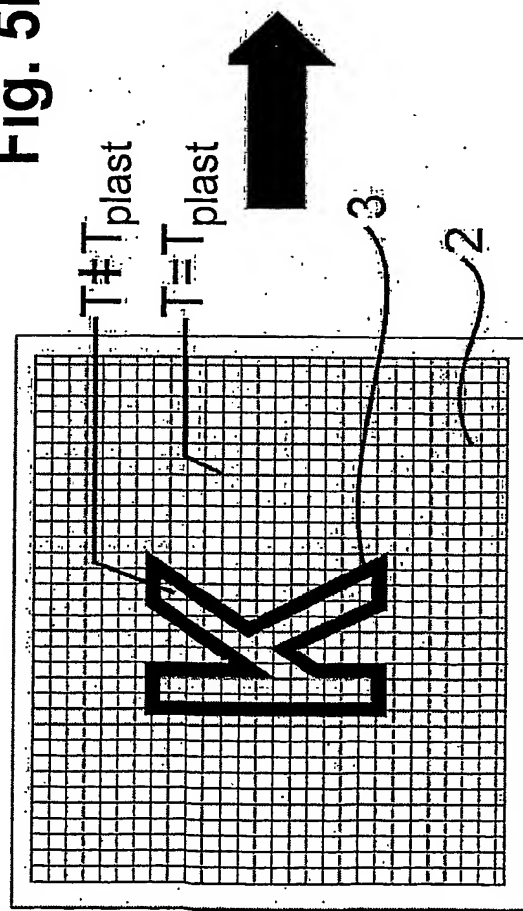


Fig. 6

